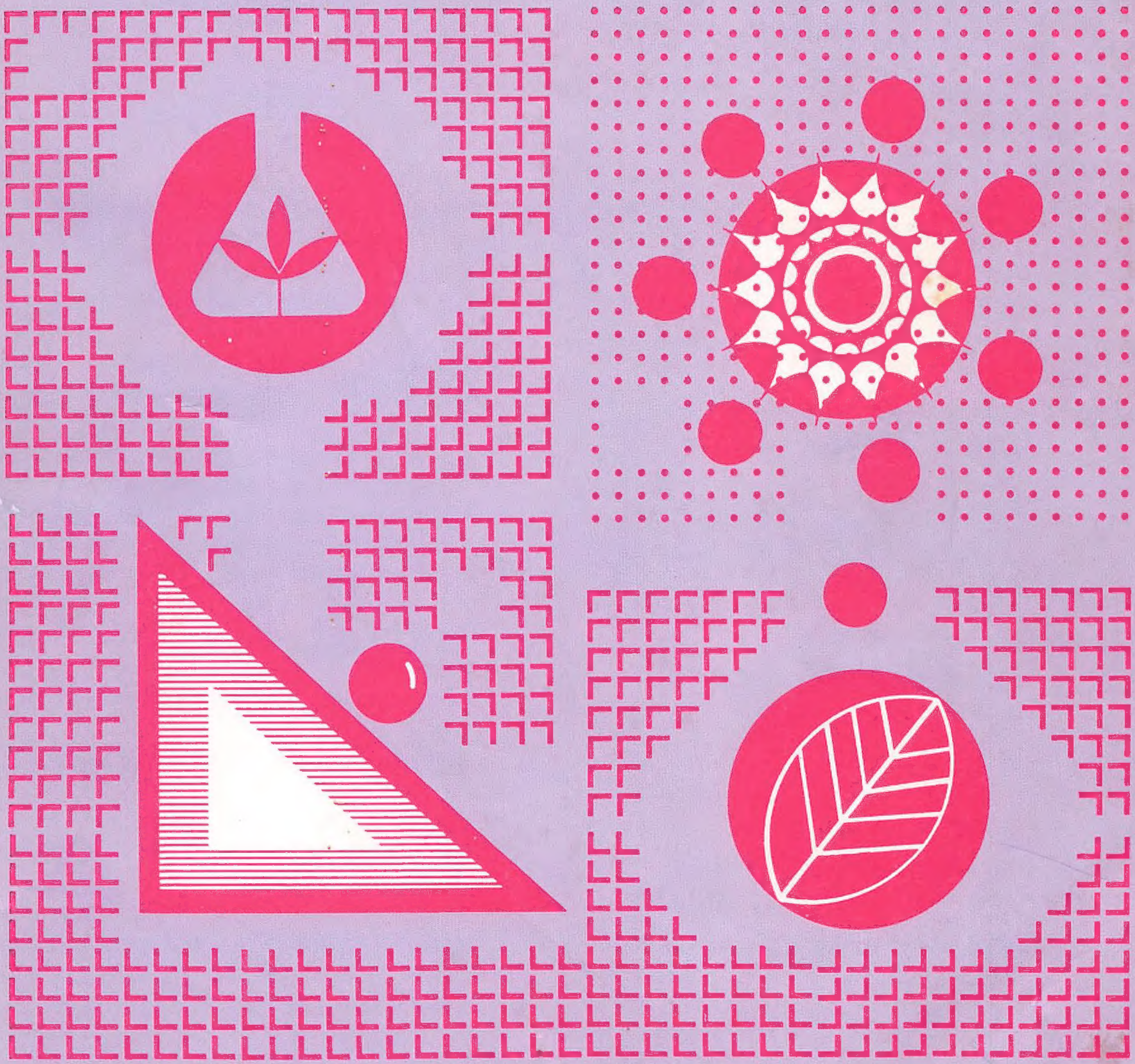
科學教育 月刊

187



國立臺灣師範大學科學教育中心發行
中華民國八十五年二月出版

科學教育月刊

中華民國八十五年二月出版（全年十期，七、八月休刊）

Science Education Monthly

No. 187 February 1996

編輯指導委員會委員：呂溪木（召集人）

王清波　毛連塭　李建興　吳英璋
吳清基　卓英豪　林來發　施　河
郭重吉　陳英豪　黃季仁　楊冠政
趙金祁　簡茂發　魏明通　藍順德

發 行 人：陳昭地
主　　編：彭育才
執行編輯：洪有情
編輯顧問：王執明　余健治　沈秀雄　林金盾
林海清　林淑貞　吳瑞謀　柳　賢
陳冒海　黃水利　湯志民　張宗仁
曾坤地　褚德三　鄒治華　楊榮祥
蔡志明　鄭湧涇　顏啓麟　蘇展政

編輯委員：毛松霖　王建都　史金燾　邱日盛
沈青嵩　李虎雄　李春生　李嘉淦
何榮桂　何嘉仁　林一鵬　洪志明
洪萬生　陳文典　黃長司　黃湘武
黃寶鈿　傅學海　劉謹輔　蕭次融

封面設計：陳秋瑾
助理編輯：陳洋珍　黃珮瑜

出 版 者：國立臺灣師範大學科學教育中心
地　　址：臺北市汀州路四段88號
電　　話：9316273
傳　　眞：9327187
排　　版：昶光打字印刷有限公司
印　　刷：龍岡彩色印刷股份有限公司
電　　話：昶光3317232,龍岡2238815

行政院新聞局出版事業登記證
局版臺誌字第一六〇一號
臺灣郵政管理局許可證北臺字第0525號

本刊經費來源：教育部、台灣省教育廳、台北市教育局、高雄市教育局

發行旨趣

一、本刊爲一綜合性刊物，其出版目的如下：
(1)促進科學教育學術研究。
(2)供應科學教育課程資料。
(3)報導政府科學教育資訊。
(4)介紹國內外科學教育現況。

二、本刊內容範圍包括**數學、物理、化學、生物、地球科學及資訊科學**。題材以補充中學科學課程與教材，提供教師教學資料爲主。

稿約

一、本刊竭誠歡迎各界惠賜符合發行旨趣之稿件，來稿請用白話文撰寫，並力求通俗易讀，文稿請勿超過壹萬字（特約稿不在此限）。

二、文稿請用有格稿紙繕寫清楚，幷加標點符號，並請注意下列事項：
(1)來稿請以中、英文註明“論文題目”、“作者眞實姓名”、“服務單位”、“職稱”等項。發表時用眞名或筆名，悉隨尊意。
(2)來稿若爲譯稿，請附原文及原作者同意函影本。
(3)所譯專有名詞，其不常見或初用者，須附註原文。
(4)附圖與註釋，請編列號碼，並在文中註明位置。
(5)請將參考文獻依作者姓氏排序：中、日文依筆劃多寡排列; 西文(英、法、德、…等)依字母順序排列; 若中、日、西文並列時，則先中、日文後西文。至於參考文獻之寫法，若爲a.期刊論文，可依下列次序書寫：
①作者②出版年③論文篇名④期刊名稱⑤卷期⑥頁數。
註：出版年位置較具彈性，可置篇名前、卷期前或頁碼後。
b.圖書單行本時，可依下列次序書寫：
①作者②書名③版次④出版地⑤出版社⑥頁數⑦出版年。
6)附註請於文後，依出現前後次序編號排列。
(7)來稿設爲學術研究或原創性論文，請於稿末附以中、英文摘要及關鍵詞彙，以供編審及排印參考。

三、本刊對來稿有删改權，如有不同意時，請在稿件上註明。如須退稿，請附書妥收件人地址之回郵信封。

四、來稿一經採用，奉致稿酬。一稿兩投，恕不致酬。

五、來稿刊出，版權爲本社所有。

六、作者見解，文責自負，不代表本社意見。

七、來稿請寄本中心科學教育月刊社收。

目　　錄

第187期　中華民國八十五年二月

科教論著

科學救國與科教興國……………………………………趙金祁　2

教材教法

國民中學資賦優異學生生物科教材教法之研究
—消化作用的合作學習模式……………………孫國燕 11

評　量

教育部八十四學年度高級中學數學能力競賽決賽
試題與參考解答……………國立臺灣師範大學數學系提供 17

專題報導

簡介美國地球體系教育(ESE)…李春生、周家祥、萬義昺 28

電腦與教學

簡介虛擬實境在科學教育上的應用……………………唐文華 43

科學教室

關於三邊長皆為整數的直角三角形的一些性質………邱坤毅 48
利用新電池來防止鐵的腐蝕…………………………楊水平 56
冬之閃亮—獵戶星座…………………張亞君、劉美倫、謝文萍 63

疑難問題討論

數學科疑難問題討論…………………………………王建都 67

科教活動報導

第28屆國際化學奧林匹亞競賽國家代表隊選拔公告
…………………………………………教育部中等教育司 68
教育部八十四學年度高級中學數學能力競賽決賽簡訊
……………………………國立臺灣師範大學數學系 70
教育部科學教育指導委員會八十四學年度指導委員及
諮詢委員名錄…………………………………………編輯室 71
緊急報導 ………………………………………………編輯室 10

科學救國與科教興國

趙金祁
國立臺灣師範大學科學教育研究所

摘要：四十七年前，國民政府在全國版圖內，提出科學報國；而今，海峽彼岸則號召科教興國。兩者的差別，焦聚在科學與科學教育的區分上。經仔細分析，作者認爲科學的執行，有實證意涵或人文意涵之分，而科學教育則係包羅兩方面重點的經世之學。祗循實證方式進行科學救國或興國不能保證人性的完全實踐。顯然，實施科學教育以救國或興國，在國家長遠發展的設計上與思慮上，都比較完整。在結論中，作者認爲推動科教興國或救國，遠比科學救國或興國更具實效，且有爲萬世開太平的宏觀氣魄與正面效果。

壹、前　言

一九四八年七月間，正當筆者青壯之年時，有緣在杭州遇見當時的北京大學教授陳雪屏先生，乃抱着虔誠與崇敬的心情，手捧簽名册，請求留言紀念。陳先生不加思索，欣然慨允，並隨手寫下「科學救國」四個字，以爲勗勉。筆者如獲至寶，一直珍藏至今，並不時翻閱欣賞再三。

四十七年後，於去年十月間，筆者趁出席海峽兩岸暨港澳地區第三屆教育學術研討會在上海召開之便，有北平之行，得晤多位大陸教育學者，談到中共當局正大力推動「科教興國」運動，以應大陸上現代化之需要。商談之餘，筆者不禁緬懷過去、沉思未來，感觸良多。

其實，在一九四〇年代，當時的國民政府，勿論在大後方及往後的光復地區，分兩段提出「教育興邦」與「科學救國」，冀期達成建國的目的，與中國大陸目前大聲疾呼「科教興國」，以遂提昇國家地位的目的，兩者在政治號召上，具有異曲同工之妙，似乎出自一轍，幷無二致。

這兩種不同的號召方式，在兩個不同的時代裡，出自兩個不同的體制，姑勿論其眞正用意何在？也許我們皆不得而知；但看在筆者眼裡，單就以專攻科學教育者而言，對「科學救國」與「科教興國」，中間前後兩字之差，誠有差之毫釐，失之千里之感，豈能等閒視之。茲從眼前的推行實況與未來的憧憬，經由對科學與科教的詮釋，作出如下的分析與說明。

貳、科學的實證表徵（註一）

科學一詞的意義，根據一九五二年中華書局出版的辭海所載：「科學（Science）廣義，凡有組織有系統之知識，均可稱爲科學。狹義則專指自然科學。」一般說來，大都參考書籍的界定，多以此爲準，并無多大出入。一九六七年，王雲五主編台版人人文庫——科學總論，對科學的定義，界定爲：「普通之科學，爲狹義的用法，與自然科學之意義完全相同。若就廣義言之，則有專研究自然界中物質現象者，曰自然科學；有研究人事關係者，曰人文科學，亦稱精神科學。」顯然，科學一詞已與認知及描述自然界中人、事、物的總稱，完全同義；其涵蓋的範圍，無所不包，舉凡人世間的一切有系統有組織的學問，都在其範圍內。

持這種簡括看法的人，在本世紀三〇年代科學實證主義大行以後，已比比皆是，極爲普遍。例如，一九六五年版「世界圖書」百科全書第十七卷的科學名詞說明中，就指出：「科學家認爲能藉助科學方法與其他特稱思維規律，而爲人類研習的任何學科，都可視其爲科學。」

由科學的近世發展，進一步分析科學的定義，可知十四、五世紀之間，人類由古希臘、羅馬典籍之研究引發文藝復興以來，人們對宇宙的看法，揚棄有限宇宙中一切個體井然有序，各占自然地位的理論，轉而接受萬物都有生滅、變化，而可能在無限宇宙中，僅保留個體的部分特性，恆常不滅的假設。這一轉變，既捨棄哲學傳統上爲宗教服務的從屬關係，又促使經驗實證主義科學掙脫早期理性知識架構的壓抑，充分發揮，大放異彩。基本上說來，這是人類宇宙觀具體改變的思想潮流，並輔以假說的可錯性、方法的推陳出新、因果關係的機率化表徵、量化與語言的解析技術更新、演化論觀點的大行其道等因素，形成人類整體文化建設上的大幅晉進。

十六、七世紀，近代科學革命的思潮，直接、間接，甚或在錯判下，與培根（Francis Bacon）、笛卡爾（Descartes）、伽利略（Galileo）、波以爾（Boyle）、牛頓（Newton）、郝勃斯（Hobbes）、洛克（Locke）、休謨（Hume）等主張相結合，形成科學與宗教解離並相互對立，留下只與經驗、實證亦即實質世界密切關聯。

時至十八、九世紀，哲學範圍內即已明喻科學凸出的實用價值、卓越的智性活力，與可靠的客觀效能。更由於理性學派大師笛卡爾很早表徵科學活動爲社會的一種模型，故可追溯至十七世紀，當時即已埋下今日科學主義大行其道的種子。同理，培根亦認定

唯有科學事業才能爲社會積聚龐大的利多知識，故將科學認爲是社會發展的重要伙件，不僅不可或缺，而且關係密切。由此可知，兩人皆重視科學，甚之，承認其對人生具有導引甚或主宰作用，恰巧與居里夫人所說：「科學專注物體，而非人的問題。」大相逕庭。故而，大科學主義早在培根、笛卡爾、洛克等獨斷的斷語之下，逐漸萌芽，進而擴散、傳播，日見茁壯，難怪今日甚多參考書籍，將所有學科都包羅在科學之下。

同一時期，法國的孔德（Comte）在啓蒙思潮的大力影響下，乃揚棄無法證明的思辯方法，藉助英國本哈（Bentham）及米爾（Mill）功利主義的共同假設，正式提出科學實證主義論調，且與德國唯物主義者馬克思（Marx）與恩格爾（Engels）相互呼應，這樣便以奧地利爲中心，凝聚了一批學者、大儒，形成維也納學派。進一步且直接對種種非關現實命題，如形而上學等的陳述，嚴加排斥，促使全球學術圈，幾乎全部陷入大科學主義的深淵中，甚或孳生科學上的社會精神分裂症症狀（註二）。

大科學主義重視經驗意涵，揚棄形上理念，而經驗意涵的精準科學學術，大致囊括了以下五種主張，即：科學的統整所有各學術分科的特性，科學的無局限性，科學在預測、說明、控制事與物上的無上功能，科學方法保證科學成果的客觀性，以及科學回饋人類絕對利益的特性。簡言之，經驗主義對科學認定：㈠科學與人文並無二分的必要；㈡人間所有問題原則上皆可由經驗科學獲致答案；㈢科學昌明可使人類操控自然力與人的心智能力無限擴大；㈣經驗法則，想必愈益增強科學結論的客觀性；以及㈤科學是人類學習科目中最具價值的學門（註三）。

由此可知，人類認定科學涵蓋範圍的無所不包，以及功能的可能無遠弗屆，是由來已久逐漸形成的事。至今，並已發揮得淋漓盡致。這一現象在二十世紀中葉尤爲彰顯，幾乎成爲全球人類共同肯定的看法。

不過，科學一枝獨秀且無所不包的實證發展結果，在人類久期利益的表徵上，究竟是禍是福？不得而知。由眼前人世間社會各種現象的錯亂加以分析，如生活愈益富裕而規律愈益衰敗，可說是毀譽參半，正面與負面效應互見，值得我們過慮，詳加深思。

參、科學的人文意涵（註四）

若欲討論科學的人文意涵，至少應對人文與科學兩個名詞作透徹的分析與界定。習慣上說來，人們一般將人文與科學相互對立，即人文涵蓋宗教、哲學、文學、藝術、語文等科目，而將科學範圍在數學、物理、化學、生物、地球科學、應用科學內。若果如此，目前的社會、行爲、心理、政治、經濟等科學，是否應有第三類學術命名？若否，

則在論及科學時，勢必包羅社會等學門。此外，科學人文意涵的精神與上節大科學主義的說法完全相反，我們應在廣義人文、或整體文化、或整體人文的命名下，把一切人類文化活動與成果，全部包括在內。因此，人文一詞的一般內涵係廣義人文、整體文化、或整體人文中的一部分，并不包括今人的科學，即自然科學與社會科學總括名稱的內涵。

如果我們將科學發展推展到更久遠以前的時代加以分析，可知早期人類面對四週的大自然時，大抵先在實在的心智上，勾勒出種種隱喻，再由隱喻的激發，轉換成心智表徵，納入廣義人文的目的概念，最後才逐漸分門別類，簡併成人文與科技等各別知識系統。換言之，人文與科學雖視似對立，但都源自大自然，具有共同的本源，不容加以二分看待。

數學是科學中最早自本源脫離的學科，紀元前五世紀左右以前就納入本源型的哲學範圍，即知識論、倫理學與美學等哲學的範疇，嗣後逐漸成長，脫離本源，組成獨立的知識體系。至於其他自然科學，則直到十七、八世紀末，才與共同本源逐漸分離。

孔德認為，人類思想發展可分成三個階段，即神學、形上學、與實證論；其中，實證論的科學，最後脫離共同本源，并超越神學，一度使神學大見式微。今日，科學的又見大幅成長且分工越細，乃展示大有脫離共同本源後再超越哲學的有利形勢。至少，前數十年間，人類陶醉於科學萬能、科學的價值中立說時，確實表現了超越之勢。二十世紀以來，學術圈裡盛傳哲學終結之說，議論迭起，即屬明證。

從另一角度分析，羅素對科學共同本源的理念，則持有另外一種見解，並在「科學觀」一書中指出：「科學所提供的不是進步，僅為進步的一因素而已。因此，人類各項文明與教育進步，須與科學的進步同驅共進，否則科學不但無益，反而有害。」因此，科學自應統整地看成人類廣義人文中的動態成長事業之一，固屬全民的奮鬥指標，然亦要求社會上各階層的每一個人，在不同崗位上，以不同方式的努力，共同參與；也祇有群策群力，維持人類全面文化工作與科學脈動密切配合，才能共創有利、美好的環境，同步促成社會的更高成就；否則，可能反而禍貽人世。

由於科學衍生的技術成果，雖是科學動態成長下的靜態應用，祇具備科學的局部屬性，然確能為全民享用，具有吸引人類最大興趣的潛能。若科學捨棄人文意涵，但求實證與應用，則率性行事，難免養成每一民衆迷失本源精神，甚或背道而馳，如沉迷於娛樂、貪婪、投機、虛偽、欺罔等偏私中，有時亦誤將巧取豪奪視為科學上的效率，則誠如羅素所說，科學不但無益，反而為害社會。不幸，這正是強調科學至上社會的噩夢，現社會各階層的狹隘功利主義盛行，倫理道德沉淪等偏頗現象，或可視其為佐證之一。

由以上的分析，可知人類除非甘冒棄置社會和諧的大不韙，科學發展之與共同本源實有再加省思與掌握的必要。其實，共同本源省思就是究詰科學本體知識在整體人文與社會活動中的源頭，并在社會價值觀，甚或審美觀層面上，加以探討與落實。也就是說，惟有在科學發展中，力求人文意涵的發揚與廣大，才是我們保障科學在社會中正面效益提昇的不二法門。

走筆至此，不禁想到「前事不忘，後事之師」的明訓；換言之，端正社會對科學的態度，祇有在更久遠的歷史依歸中，加以推敲，才能屏障救國或興國的確實實現。反之，若祇圖眼前，僅堅持實證主義盛行時的觀點，則其後果，就不易預估。

肆、科教的時代使命（註五、六）

一九三二年，美國全國教育研究協會（National Society for the Study of Education, U.S.A.）出版的「三十一年年鑑」中，指出美國的學校，自十九世紀初，即在現實生活的需要下，紛紛推出科學學科的教學。其傳習的重點內容，由最初的算數、農作技術，擴及機械、力學等工業生產所需的學科範圍。最後分化成今日衆所熟悉的數學、物理、化學、生物、與地球科學等基本科目。科學教學的名稱，也經正名，改稱爲科學教育。

就科學教育的目標而言，學生經由小學而中學再升大學及研究所，大致可分成兩種進程。主修科學學科的學生，全力專注科學學術的鑽研，爲自己求眞、求實的科學家生涯，預作準備。至於非主修科學學科的學生，則大抵將科學學科的學習，視爲養成個人素養的過程，爲自己未來健全的現代公民生涯，奠定基礎。

科學教育發軔之初，鮑威斯（S.R.Powers）以倡導者身份在共同本源體認上，就有運用科學檢測的眞理，來消弭世間偏見與憎恨漫延的想法，以達成維護社會和諧秩序的目標。由此可知，科學教育原來并不祇是爲了直接追求自然律的掌握、能源控制、醫療衛生的改善、民生食品的充分供應而已，同時也具有抑制社會上巫術、神棍、乩童等迷惑人性邪說，解除外在環境引發人類的內心恐懼，協助人們面對經驗表象時能正確反映意識傾向或科學態度，以及增強人生因應社經文化價值觀改變的調適能力等的間接目標。對照今日社會，科學主義激進下帶來的種種偏差現象，不難發現，當初科學教育的目的概念，所涵蓋的以上種種重要成分，不只設想週到，亦且彌足珍貴，適中當前時弊，我們豈能不予正視與省思，並謀求改進之道。

科學教育是一門以求取人類生存以及爲人類因應未來不可知時、空、事物變化預作

準備等兩者爲目標的學科。換句話說，這是一門經營人類充實、富裕生活以及開創人類萬世太平的學識。也就是說，科學教育幫助人類對目前的事物作合理的判斷，并爲未來展示一個充滿自信的美滿憧憬。在科技與社會發展的要求下，科學教育既具有師法「長技」、謀取商利，爲每一世人謀求認知滿足與物質充裕的目的，亦兼顧開拓生存環境，維護人際以及自然界與人類間諧和關係的要求。準此，科學教育必須在人文與科學兩大範疇的融合中，甚或結合東西文化的傳承，求取「眞」與「實」的知識內涵。因此，科學教育不僅講究作育英才，致力科、技發展與民富樂利提升的微觀手段，亦複推敲「天」「人」關係，藉眞理的逐步逼近，保障在人世與自然界變遷中，和諧生存要求的宏觀觀點。換言之，科學教育的角色是促進科學承襲現代文藝復興後的主流，賡續突飛猛進的媒介；同時，亦對等要求人文與科學社群間的流暢對話，俾有利塡補兩者間的鴻溝，供作相輔相成、互利互補的橋樑，以維護科學發展中不斷提供正面效應而阻斷負面效應的發生。

因此，我們應培養科學家，尊重其執着研究，專注科學優勢發展；但同時亦應創造人文與科學的平衡機制，以維護不受污染、飢饉、戰爭、貧富對峙與背棄人性等種種顯性與隱性災變威脅的和諧社會。

科學教育既負有爲全民奠定科學素養基礎，即傳播正確的科學知識、科學方法、科學態度的責任，自不應對科學實證的負面誤導作用，充耳不聞、視若無睹，甘願停留在祇關心將數學及自然科學成果，有效傳習的工作中爲已足。衆所週知，科學猶在「未知」與「眞理」間徘徊躊躇中，各學派科學理念在詮釋上的疑竇與困惑層出不窮，科學教育端無棄置不顧之理。這樣，科學教育豈非在人類整體文化中，助長偏頗的發展，且僅祇扮演着實踐片段智慧的角色？

相反地，科學教育界應責無旁貸地跳脫微觀的手段，即以課程、教學爲主幹的研究與發展窠臼，同時着手宏觀結構性的開創、建構與推行；也就是說，科學教育雖非以科學哲學爲其研究主題，然應認清其在科學與人文間可扮演橋樑的功能，由探討宇宙起源的科學理念之一般認知入手，爲優勢科學影響下的各科學門，包括標幟着科學名稱的各種幼年期與成熟期的自然學科與非自然學科知識，剖析其立論與基本理念上的局限性或可能存在的虛妄成分，以端正社會大衆對科學所持有的「精神分裂」態度，防杜貽禍世人專斷信念的可能孳生。因此，國家的搶救與振興，更是宏觀科教不能不探討的重要課題。

準此，科學教育才能對應科學社群與非科學社群以及開發國家與未開發國家人民的

不同區分，由科學素材中正確選取適當教材，重新安排兼具前瞻性與有效性的專精與通識教材，妥切納入相關課程中，為下一代預先舖下在人文與科技間安心遊走的平穩基礎，培養其足夠的智慧，充分發揮其潛能，來因應未來世間不可知的無限變化。

伍、結　語

自文藝復興以來，科學知識生氣蓬勃，發展氣勢至為銳猛。至十九世紀末，科學萬能之說已大為盛行，就自然界事物掌控與運用而言，不僅發達至於極點，亦收利用厚生之效。

如前所述，科學在人類整體文化中一枝獨秀地超強發展，除正面效應外，同時亦帶來鉅大的負面結果，大致上且可歸結為兩大類：一則為生態部分，另一為生存部分。生態部分，涉及嚴重的自然環境失衡，使人類外在生活條件大為惡化。如此，乃引發了一九九二年在巴西的里亞熱內盧，召開聯合國環境與發展大會，呼籲注重生活品質、營造綠色文明、超越狹隘的人類中心論。同理，生存問題這一部分，也召致人類最大的憂心，有識之士乃大聲疾呼人類應保有持續發展的權利（註七）。換言之，在人類發展生計的同時，應提倡不為後代的發展製造或帶來障碍的新道德價值觀。我們應正視布羅諾斯基（J.Bronowski）所提示：「科學創造的成果是道德中立的，然而科學活動是有道德責任的。」這句話明白指出，人類在發展科學的活動中，固然關心哈伯太空望遠鏡所揭露的中年期太陽還有五十億年壽命的問題（註八），更應注意到今日社會上形而上學規律解體下，倫常式微、是非顚倒、人心不古、道德淪喪等帶給我們下一代不安全、不確定生存環境的紓困問題。這正是為政當局在國富民強的建設之餘，應該同時嚴肅考慮攸關道德價值的另一重要課題。

自十九世紀初，科學教育萌芽以來，大抵祇在科學素養的培育上，達到科學本體知識傳習的目的；至於科學方法與科學態度兩方面，較少着墨，尤其是科學態度。縱有二十世紀五十年代，史潑尼克（Sputnik）人造衞星的衝擊，這一狀況迄無重大改變。直到本世紀八十年代末，科學教育圈始重視科學共同本源中科學知識論、科學哲學、科學史等的討論（註九）。這不僅提供科學教育界人文與科技溝通的捷徑，使科學素養的培養獲致全面落實的可能性；同理，也為科學奠定了涉獵重振社會道德行列的基礎。科學教育乃自成體系變成一門講究科學與科學人文意涵的學識，并邁向自成一家之言的坦途。

四十七年前，科學教育尚未發展成熟之際，海峽此岸在中國版圖內創導科學救國；

至今，已衍生彼岸的科教興國，誠屬歷史進程中，一脈相傳、順應時勢、符合潮流的必然結果。如前所述，我們對兩岸在不同時代裡所提出不同號召的眞實意義，雖不得而知;不過，站在科學教育的立場上，有些觀點毋寧定位爲一大鼓舞，衷心眞誠祈求所有中國人必須堅持以科教取代科學來謀求達成救國或興國的目的。

我們尤應認清，科學教育絕非科學加教育拼湊而成的零星、片斷經驗，而是爲後代子孫開創千秋萬代和平盛世的經世之學，値得兩岸中國人共同加以高度關注、探討、研究、提倡、與推廣，以收實效；如此，則誠屬二十一世紀中華民族的最大幸事。

參考資料

註一　趙金祁，科學教育與道德弘揚——初、中等教育改革與現代化，海峽兩岸暨港澳地區第三屆教育學術研討會，上海市，1995 年 10 月 22 ～ 26 日。

註二　D.C.Phillips, On What Scientists Know and How They Know It, in the Eighty-fourth Year Book of the National Society for the Study of Education: Part Ⅱ—Learning and Teaching the Ways of Knowing, ed. by Elliot Eisner, Illinois: The University of Chicago Press, 1985.

註三　Tom Sorell, Scientism—Philosophy and the Infatuation with Science, London: Routledge, 1991.

註四　趙金祁，人文科技的通識與通適問題，科學教育月刊，173 期，83 年 10 月。

註五　趙金祁，人文與科技平衡中科學教育扮演的角色，科學教育月刊，156 期，82 年 1 月。

註六　趙金祁，科學理念衝擊下科學教育再出發芻議，科學教育月刊，158 期，82 年 3 月。

註七　劉大椿、明日香壽川、金淞，環境問題——從中日比較與合作的觀點看，北京：中國人民大學出版社，1995 年 6 月。

註八　恆星之死，聯合報第九版，85 年 1 月 18 日。

註九　Michael R. Matthews, Science Teaching—The Role of History and Philosophy of Science, London: Routledge, 1994.

（收稿日期：85 年 1 月 27 日，接受日期：85 年 1 月 30 日）

★

National Reconstruction by Means of Sciences
versus
Rejuvenation of the Country Through Science Education

Chin Chi Chao

Research Institute of Science Education

National Taiwan Normal University

Abstract

Forty-seven years ago, the National Government now located on this side of the Taiwan Strait called for the national reconstruction of the mainland by means of sciences. Recently, the authorities on the other side of the Taiwan Strait suggest the rejuvenation of the country through science education. the diversity results from the differences between sciences and science education. According to the author's analyses, he indicates that sciences can be characterized by positivistic or humanistic meaning, respectively ; and science education is referred to as a practical knowledge simultaneously dealing with both positivistic and humanistic aspects. Reconstruction or rejuvenation of a country by means of positivistic approach alone has the possibility to result in a dangerous state of inhuman nature. Obviously science education is much more effective than sciences in the policy design and constant thinking of a country's future development. From a macroscopic point of view, conclusion is arrived at that it is more reasonable to carry out the reconstruction or rejuvenation policy by means of science education rather than sciences, especially to secure a universal brotherhood for all mankind from generation to generation.

★

緊 急 報 導

編輯室

頃悉「教育部84學年度中小學教師獎勵要點」即將修訂完成，本室尚未獲詳細資訊，故無法于本期刊出。惟悉教師申請截止日期可能為三月十五日，事關教師權益尚請密切注意部令及本刊第188期（三月出版）為要，特此報導。

國民中學資賦優異學生生物科教材教法之研究── 消化作用的合作學習模式

孫國燕
臺中市立居仁國民中學

壹、前　言

「角色扮演」對資賦優異學生而言，是發揮創造力與想像力，且更能滿足其表演慾的大好機會。但有時會流於異想天開、天馬行空地不知節制，再由於資優生的個性特質，必須加強團隊間的協調與合作，所以事先訂定遊戲規則和表演主題，才能在活潑有趣的活動中，獲得理性的知識，達到「角色扮演」的目的，並和社會資源相結合，在整個活動過程中，習得多方面的能力。

現代文明的社會，由於飲食習慣的改變，從依賴植物性食物轉變爲以富含醣類、脂肪及鹽等食物爲主，造成肥胖、大腸癌及心臟血管等疾病增加的後遺症，導致社會上一片減肥的聲浪。殊不知攝食的目的是在維持生命基本機能及從事各種活動所需的能量，故以「消化作用」爲活動主題，導正學生飲食的觀念，使學生們不但能在活動中學習到科學技能，亦能學習與人相處之道，在合作學習過程中，建構正確的生物學概念。

貳、活　動

一、課前活動

配合教學時間──上學期十一月

配合學生程度──資賦優異學生

配合教材內容──消化作用

配合身心時事──減肥新聞

在教授國中生物上册第三章「營養」之第四節「消化作用」時，先將學生分組，針對課本所提及重要的消化器官，並配合社會時事與身心健康，指導學生蒐集相關的資料。

二、課堂活動

1.　引起動機

各組桌上放置饅頭，請每位同學取食一小塊，咀嚼過三十下後，再吞嚥入口中。此時，學生都很興奮，極有興趣想要知道老師的作法有何目的，藉此導入「消化作用」的主題。

2. 消化之旅

每組學生先自行設計將實驗室佈置爲人體的消化道，包括口腔→食道→胃→小腸→大腸→肛門等六個消化站，以生物「小老師」早餐的實物—吐司、牛乳、奶油爲例，徵求志願者扮演三大類食物的「消化之旅」，在此過程中，每組學生以自己的方式介紹不同的食物在不同消化器官內的作用，並以簡單明瞭的自製模型或掛圖等，介紹較爲抽象的消化觀念，測其對消化作用的瞭解程度。各組的設計簡述如下：

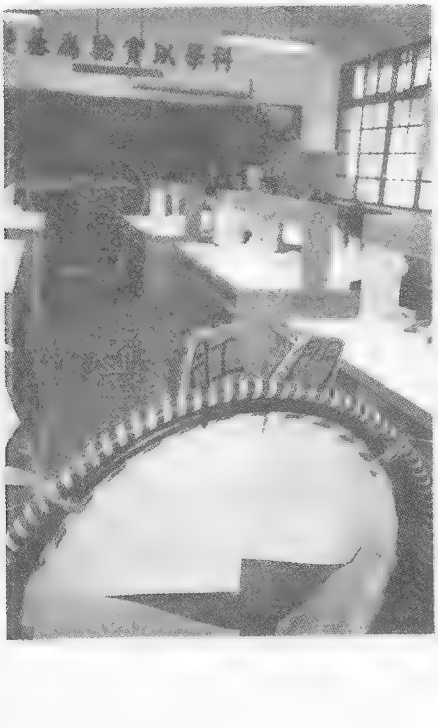
(1) 口腔：半個彎曲的呼拉圈代表食物最初進入的口腔上腭、人體頭頸部剖面圖片、口腔掛圖、牙齒模型。

(2) 食道：長統絲襪表示食道肌肉層、紙團代表通過的食物。

(3) 胃：黏土製作胃部肌肉層剖開的立體模型，模型內盛多量米粒代表胃液，少量黑豆代表食糜。

(4) 小腸：黏土製作絨毛雙面放大模型，一面爲乳糜管及微血管剖面圖，一面爲微絨毛立體模型、布製小腸環狀皺襞模型。

(5) 大腸：皺紋紙模擬大腸造型、小氣球代表闌尾。



照片二　胃的立體消化模型與胃部構造說明圖

⟵照片一　實驗室前後以呼拉圈佈置成人體的消化道

(6) 肛門：整個呼拉圈代表消化道的結尾—肛門，和代表口腔的呼拉圈相輝映，中間以塑膠繩串成管狀中空的消化道，在呼拉圈上覆以壁報紙，表示平時收縮的括約肌，用「跳火圈」的方式代表糞便的排除。

照片三　小腸的絨毛雙面模型與布製環狀皺襞模型

3. 分組報告

各組針對消化器官的生理作用、身心疾病與預防之道，將其蒐集的資料，自行設計壁報、模型等生動活潑的方式，呈現給全班同學，共分為口腔、胃、小腸、大腸、肝臟、胰臟等六組，其內容綱要略述如下：

照片四　各組的分組報告以壁報展示內容

(1) 口腔：唾液的來源、成份及其生理作用。牙齒的咀嚼食物與舌頭的攪拌作用。蛀牙、牙周病的原因、過程和預防方法。

(2) 胃：胃的構造、容量與運動。胃液的成份、消化作用與分泌的機制。胃潰瘍的成因及預防之道。

(3) 小腸：小腸的構造特徵、運動方式及消化過程。養分的吸收方式與途徑。小腸與生長的關係及常見的疾病。

(4) 大腸：大腸的結構及功用。闌尾炎的原因及症狀。糞便的形成。

(5)　肝臟：肝臟的構造及功用。膽汁、膽囊、肝臟在消化作用中的關係。B型肝炎的介紹。

(6)　胰臟：胰臟與內分泌系統的關係。胰液的消化作用。

4.　討論問題

綜合消化作用的過程與課堂活動的內容，設計一些重要而且有趣的題目，以達到融會貫通的目的，並在學生自由發表的過程中，觀察和指導學生的表達能力。討論問題設計如下：

(1)　嚼過三十下的饅頭在口腔中有何味道？是什麼原因造成的？

(2)　草食性動物和肉食性動物的牙齒有何差異？爲什麼？

(3)　當你倒立著吃東西時，吞得下去嗎？爲什麼？

(4)　食物在胃內停留的時間有何差異？

(5)　胃壁本身爲何不會被胃液消化？

(6)　「牛肚」是指牛隻的那一個器官？在烹煮前要先刷洗掉表面的什麼物質？

(7)　飯前與飯後吃胃藥的作用有何不同？

(8)　小象隊想減肥，你認爲要切除部份的胃或小腸？爲什麼？

(9)　盲腸炎應正名爲何？爲什麼？病發時會有那些症狀出現？

(10)　膽汁雖然不含酵素，但對消化作用有何貢獻？

(11)　小腸怎樣運動？其運動目的爲何？

(12)　如何形成糞便的顏色、形態及成份？

(13)　纖維素對消化作用的貢獻如何？

(14)　如何預防便秘與痔瘡？

三、課後活動

1.　思考問題

探討消化作用較深入的內容，配合相關的新聞時事，設計一份思考問題，給予開放性的題目與長時間的查詢作答，以訓練學生多方面考量的能力，從各個不同的角度去思考問題的本質，而不是僅要求單一標準的硬性答案，俾能更瞭解學生的資質，以便將來針對個別學生作自我挑戰的輔導。思考問題設計如下：

(1)　牙結石的原因何在？

(2)　「望梅止渴」的唾液是如何刺激而來的？

(3)　蛀牙即齲齒，其形成過程如何？怎樣預防？

(4) 噎到與嗆到的原因相同嗎？請解釋之。

(5) 牛羊為何能消化纖維素，而人為何不能呢？

(6) 切除整個胃之後的人，仍能存活嗎？為什麼？

(7) 胃內除胃蛋白酶之外，有無其他酵素存在？

(8) 如何預防胃潰瘍與十二指腸潰瘍？

(9) 請比較A型肝炎與B型肝炎的原因，傳染途徑及預防之道。

(10) 闌尾在演化上的意義為何？

(11) 放屁的原因何在？為何會有臭味？

(12) 維生素對人體的生理機能有何重要性？

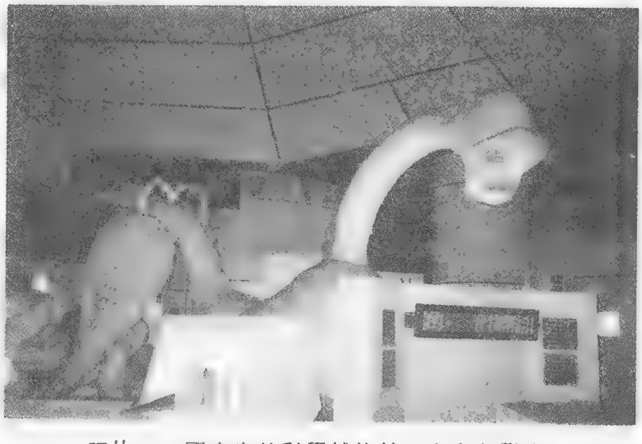
(13) 消化作用和內分泌作用之間有何關係？

(14) 腸內細菌對人體有何益處？

(15) 腹瀉與腹鳴的原因分別為何？

2. 社會資源

對於全省中小學校而言，台中市的學校獨佔地利之便，因為國立自然科學博物館正好位於台中市區，是學生們可以利用的最好資源，故選擇國立自然科學博物館生命科學廳中，「我們的身體」展示場內的「消化系統」單元，採用參觀活動單和撰寫參觀心得報告的方式，藉由「參觀活動單」的自我引導學習，在一面參觀與一面填答時，來發現展示項目的意義，從活動單內各種項目的連一連、畫一畫、圈一圈、排一排、選一選等實際動手填寫中，訓練學生的觀察能力與用心思考，並於填寫完畢後，老師帶領學生重新參觀與討論該區展示，使學生除可立即獲得迴饋之外，更能再一次觀察所未發現的重點，除此之外，也能經由參觀心得報告的撰寫，洞悉學生在知識方面的收獲，更能瞭解學生沉浸於科學世界的感受，以提高其自我學習的層次。



照片五　國立自然科學博物館內生命科學廳之「消化系統」單元

参、結　語

資賦優異教育應該是全方位發展的教育，尤其是在國小及國中階段，更應多方面的接觸，才能彰顯資賦優異學生的性向與能力，有助於其日後進行獨立研究。故本次活動之設計，分爲課前活動、課堂活動與課後活動等三個部份，利用學生喜歡的角色扮演及分組活動等合作學習的方式，達到整體評量的目的，期使學生多種能力之養成。

一、蒐集資料：指導學生使用圖書館等查詢資料的管道與方法，早日爲其打開學習探索之門。

二、歸納整理：練習資料的重組與摘要，並且適當地選擇表現的主題。

三、融會貫通：掌握知識的深度與廣度，並和社會脈動相結合。

四、美工設計：設計適切的資料呈現方式與突顯重點的美勞技巧。

五、表達能力：訓練學生統整的組織能力與說話的表達技巧。

六、分工合作：發揮團隊的精神，克服資賦優異學生常見的人際關係問題。

在即將來臨的廿一世紀，知識如潮水般的湧來，所以，老師教導的不僅是生物的專門知識，更應包括多方面能力的訓練。使學生對於資訊的篩選與吸收，有正確的方法與方向，以達到知識與生活相聯結的目的。常言道：「給他魚吃，不如教他如何釣魚。」身爲科學教育的工作者，「啓發學生」是我們所要做的角色扮演，而學生本身才是眞正的「建構者」。

肆、推　廣

對一般學生而言，亦可視其程度來使用本活動設計。因爲消化器官約佔人體的三分之二，是非常重要的生理構造，國中生除了對消化作用的過程有全盤的瞭解之外，也應對切身的健康問題有初步的認識。所以，教師只須調整教材的深度與廣度，多多融入生活化及實際運用的例子，使學生們在生物知識的加深與加廣之外，利用合作學習的模式，在彼此的互動中，對於其他方面能力的培養，也能有所學習與進步。在剛踏入國中不久的學生腦海中，這將是一次全新的上課經驗。藉由此類活動，提高學生的學習興趣，慢慢培養其科學過程技能，在他們的心中才能建構探索自然科學之路，成爲未來廿一世紀具有科學素養的公民。

★

教育部八十四學年度高級中學數學能力競賽決賽試題與參考解答

國立臺灣師範大學數學系提供

壹、試題

筆試試題(一)

注意事項：(1) 時間分配：2 小時，12 月 30 日 (10:00 - 12:00)
(2) 配分：第一、二題 11 分，第三題 13 分，總計 35 分。
(3) 不可使用計算器。

問題一、設實數 a, b, c, d 滿足以下兩個等式：

$$a + b + c + d = 6$$

$$a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = 12$$

試求 d 的最大值。

問題二、試確定所有整數 n 的值，使得

$$| n^5 + 25n^2 - n + 25 |$$

是一個質數或是兩個質數 (可以相同) 的乘積。

問題三、已知

性質一：拋物線的任意兩條相異的切線必相交。

性質二：拋物線的焦點對此拋物線的每條切線的對稱點都落在該拋物線的準線上。

試利用上述性質證明：拋物線的任意三條相異切線，兩兩相交所得的三個交點必與該拋物線的焦點共圓。

筆試試題(二)

注意事項：(1) 時間分配：2 小時，12 月 30 日 (14:00 - 16:00)
(2) 配分：第四、五題 11 分，第六題 13 分，總計 35 分。
(3) 不可使用計算器。

問題四、設 a,b,c,d 為實數，其中 $ac\neq 0$。若拋物線 $y=ax^2+b$ 與拋物線 $x=cy^2+d$ 相交於四個點，試證這四個點共圓，並求此圓之圓心坐標及半徑（以 a,b,c,d 表示）。

問題五、試求滿足下列條件的最小自然數 n：對所有的自然數 p,q 恆有

$$\left|\sqrt{2}-\frac{q}{p}\right|>\frac{1}{np^2}。$$

（需加以證明）

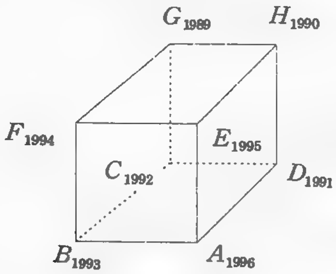
問題六、設集合 $A=\{0,1,2,3,4,5\}$。若函數 f：$A\to A$ 滿足：對任意 $x,y\in A$ 且 $y\equiv 2x \pmod 6$ 恆有

$$f(y)\equiv 2f(x) \pmod 6，$$

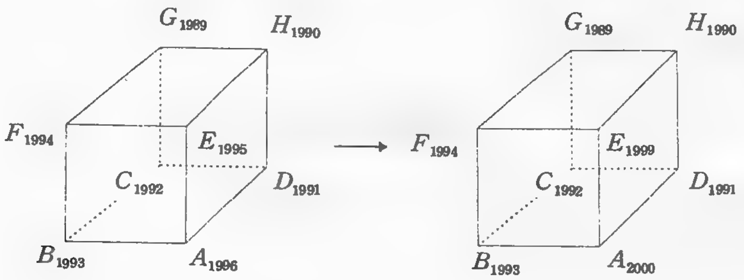
則稱 f 是好函數；試問有多少從 A 映到 A 的好函數。

□試試題(一)

設想在正立方體 $ABCD$ - $EFGH$ 的每個頂點標示一個整數（如下圖所示）。



每次我們將其中一條邊上的兩個頂點所標示的數加上同一個整數，而其它各頂點所標示的數不變，這樣的過程就叫做“操作一次”。例如，原先各頂點所標示的數如上圖所示，我們將頂點 A，E 所標的數同加 4，其餘頂點所標示的數不變；如下圖所示就是操作一次。



試確定下列各種情形中，那些能經由有限次操作後，使得正立方體的各頂點所標示的數相同：

(1) 頂點 A 標示 1996 ，B 標示 1995 ，G 標示 1991 ，其餘各頂點均標示 1990 。

(2) 頂點 A 標示 1996 ，其餘各頂點均標示 1995 。

(3) 頂點 A 與 C 均標示 1996 ，其餘各頂點均標示 1995 。

口試試題(二)

(1) 給定平面上三個相異點 M_1 , M_2 , M_3 , 是否可找到三個點

$$A_1\ ,\ A_2\ ,\ A_3$$

使得 M_1 是 $\overline{A_1A_2}$ 的中點；M_2 是 $\overline{A_2A_3}$ 的中點；M_3 是 $\overline{A_3A_1}$ 的中點。

(2) 給定點改成四點 M_1 , M_2 , M_3 , M_4 時，是否可找到四個點

$$A_1\ ,\ A_2\ ,\ A_3\ ,\ A_4$$

滿足類似上述的性質。

獨立研究試題(一)

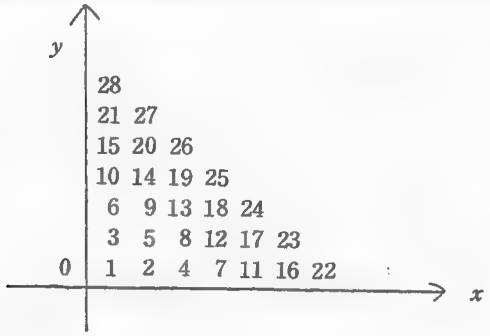
注意事項：(1) 時間分配：2 小時 (08:10 - 10:00)

(2) 配分：第一、二、三題 6 分，第四題 7 分，總計 25 分。

(3) 不可使用計算器。

問題一、從 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 這九個數字中挑出三個不同的數字，再將這三個不同數字排成 6 個 3 位數。若這 6 個 3 位數的總和介於 3600 與 4000 之間。試問這個數字的選法共有幾種？

問題二、將所有正整數在座標平面之第一象限內依照下圖所示的方法加以排列：



試問：

(a) 1995 所在位置的上、下、左、右位置上的數各爲多少？

(b)　(i, j)位置上的數是多少？（以 i, j 表示）其下及右位置上的數的和是多少？（以 i, j 表示）其上及左位置上的數的和是多少？（以 i, j 表示）

問題三、試求所有滿足下述條件的正整數 n（$n \geqslant 3$）：任意 n 個點，其中任意三點都不共線，都可被編號爲 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 使得異於直線 $\overline{A_1A_2}$ 的直線 $\overline{A_iA_j}$（$i \neq j$）都不會與線段 $\overline{A_1A_2}$ 相交或僅相交於線段 $\overline{A_1A_2}$ 的端點。

問題四、試問有多少個小於 27000 但大於 1000 的正整數 n 可滿足下述條件：

$$n = 1000a + b$$

$$n \equiv a \pmod{37}$$ 其中 a, b 爲正整數且 $b \leqslant 999$

$$n \equiv b \pmod{125}$$

例如

$$18259 = 1000 \times 18 + 259$$

$$18259 \equiv 18 \pmod{37}$$

$$18259 \equiv 259 \pmod{125}$$

獨立研究試題(二)

注意事項：(1)　時間分配：2 小時（10:10 - 12:00）

(2)　配分：第五、六、七題 6 分，第八題 7 分，總計 25 分。

(3)　不可使用計算器。

問題五、試舉例證明下列敍述不一定正確：

(1)　對於任意正數 x, y 與 z $(x^3+y^3+z^3)(x+y+z) \geq xyz(x^2+y^2+z^2)$

(2)　對於任意正數 x, y 與 z $(x^3+y^3+z^3)(x+y+z) \leq xyz(x^2+y^2+z^2)$

問題六、設 $x > 0$，$y > 0$，$z > 0$ 且 $x^2+y^2+z^2 = 1$，試求 $\frac{1}{x}+\frac{2}{y}+\frac{3}{z}$ 的最小值。

問題七、設 a, b, c 均爲正數且 $a+b+c = 1$，試證：

$$\frac{a}{1+b+c}+\frac{b}{1+c+a}+\frac{c}{1+a+b} \geq \frac{3}{5}$$

問題八、試證：對於任意大於 1 的整數 n，恆有

$$\frac{1}{2\sqrt{n}} < \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots (2n+1)}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdots (2n)} < \frac{1}{\sqrt{2n+1}}$$

獨立研究試題(三)

注意事項：(1) 時間分配：2 小時（14:10 - 16:00）
(2) 配分：第九、十、十一題 6 分，第十二題 7 分，總計 25 分。
(3) 不可使用計算器。

問題九、已知函數 $f: N \to R$ 滿足 $f(1) = -1$ 且對於任意正整數 n，

$$f(n+1) = \frac{1+f(n)}{3-f(n)}$$

(1) 試求 $f(84)$ 與 $f(1995)$ 之值。

(2) 試以 n 表示 $f(n)$，並加以說明。

問題十、設奇質數 p 可以表爲兩個正整數的平方和。試證這種表示方法僅有這一種而已。

問題十一、若 a，b，c 爲有理數且 $a\sqrt[3]{4} + b\sqrt[3]{2} + c = 0$。試證 a，b，c 的值均爲0。

問題十二、試求質數 p, q 與 r，使得 $p^2 + 35 = q^2 r$。

獨立研究試題(四)

注意事項：(1) 時間分配：2 小時（16:10 - 18:00）
(2) 配分：第十三、十四、十五題 6 分，第十六題 7 分，總計 25 分。
(3) 不可使用計算器。

問題十三、已知實係數多項式 $f(x)$ 滿足 $f(x^2) = f(x+1)f(x-1)$，試證方程式 $f(x) = 0$ 無實根。

問題十四、設 R^+ 表示所有正實數所成的集合。若函數 $f: R^+ \to R$ 滿足：對於任意 x，$0 < x < \frac{\pi}{2}$，恆有 $f(\tan x) + 2f(\cot x) = \sin 2x + \cos 2x$。試求函數 f。

問題十五、試求所有滿足下列條件的實係數多項函數

$$p(x):\ p((x+1)^3) = p(x^3) + 3x^2 + 3x + 1$$

問題十六、試求所有滿足下列條件的實係數多項函數 $p(x)$：對於任意實數 x 與 y，恆有

$$p(x^2 - y^2) = p(x+y)\,p(x-y)$$

專題研討試題

注意事項：(1) 時間分配：2小時（19:20 - 21:00）

(2) 配分：第一、二、三題6分，第四題7分，總計25分。

(3) 不可使用計算器。

問題一、若凸四邊形 $ABCD$ 的兩組對邊之長的和相等，即 $\overline{AB}+\overline{CD}=\overline{AD}+\overline{BC}$，試證此四邊形外切於一圓。

問題二、試證圓內接四邊形 $ABCD$ 兩對角線的乘積等於兩組對邊乘積之和（即 $\overline{AC}\cdot\overline{BD}=\overline{AB}\cdot\overline{CD}+\overline{BC}\cdot\overline{AD}$）

問題三、若凸四邊形 $ABCD$ 的三個頂點 A，B，D 都在圓 O 上，另一頂點 C 在圓 O 的內部。試證：$\overline{AB}\cdot\overline{CD}+\overline{BC}\cdot\overline{AD}\geq\overline{AC}\cdot\overline{BD}$

問題四、在 $\angle A$ 的分角線上任取一點 L，過 L 點引一直線交 $\angle A$ 的兩邊於 B、C 兩點，並自 L 點作 $\overline{LK}\perp\overline{AB}$，$\overline{LM}\perp\overline{AC}$（$K$，$L$ 爲垂足），再作圓 O 外接 $\triangle ABC$。若 $\angle A$ 的分角線交圓 O 於 N 點，試證四邊形 $AKNM$ 的面積等於 $\triangle ABC$ 的面積。

貳、參考解答

筆試試題

問題一

令
$$6-d=a+b+c$$
$$12-d^2=a^2+b^2+c^2$$

於是由柯西不等式得

$$(6-d)^2\leq 3(12-d^2)$$
$$\Rightarrow 36-12d+d^2\leq 36-3d^2$$
$$\Rightarrow 4d^2-12d\leq 0$$

因此 $0\leq d\leq 3$。d 的最大值爲 3，因爲 $a=b=c=1$ 時，$d=3$。

問題二

$$n^5+25n^2-n+25=(n^2+1)(n^3-n+25)$$
$$\Rightarrow n^5+25n^2-n+25\equiv 0 \pmod 5$$
$$\Rightarrow 5\mid(n^2+1) \text{ 或 } 5\mid(n^3-n+5)$$

由題意知道：僅有下列的情形

(1) $n^2+1=-1 \Rightarrow n$ 無解。

(2) $n^2+1=1 \Rightarrow n=0 \Rightarrow n^5+25n^2-n+25=5^2$。

(3) $n^2+1=5 \Rightarrow n=2,-2 \Rightarrow n^5+25n^2-n+25=5 \cdot 31, 5 \cdot 19$。

(4) $n^2+1=-5 \Rightarrow n$ 無解。

(5) $n^3-n+25=1 \Rightarrow n=-3 \Rightarrow n^5+25n^2-n+25=2 \cdot 5$。

(6) $n^3-n+25=-1 \Rightarrow n$ 無解。

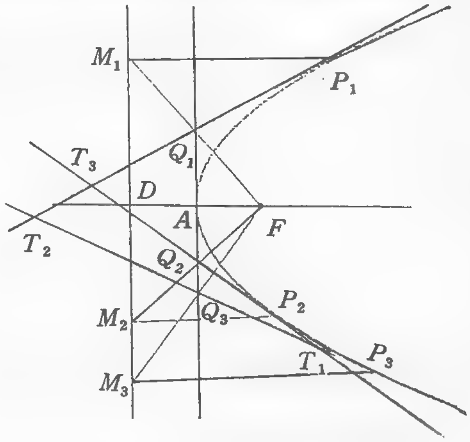
(7) $n^3-n+25=5 \Rightarrow n$ 無解。

(8) $n^3-n+25=-5 \Rightarrow n$ 無解。

因此 $n=2, 0, -2, -3$ 是僅有的四個解。

問題三

設三切點分別爲 P_1、P_2 與 P_3，焦點 F 對三切線的對稱點分別爲 M_1、M_2 與 M_3，它們都在準線上。設三切線與過頂點的切線分別交於 Q_1、Q_2 與 Q_3，又切線 $\overline{P_2Q_2}$ 與 $\overline{P_3Q_3}$ 交於 T_1；切線 $\overline{P_3Q_3}$ 與 $\overline{P_1Q_1}$ 交於 T_2，切線 $\overline{P_1Q_1}$ 與 $\overline{P_2Q_2}$ 交於 T_3。



(1) 先證明：$\overline{P_1M_1}$、$\overline{P_2M_2}$ 與 $\overline{P_3M_3}$ 都與準線垂直。

因爲 P_1 在 $\overline{FM_1}$ 的垂直平分線 $\overline{P_1Q_1}$ 上，所以，$\overline{P_1M_1}=\overline{P_1F}$。依拋物線的定義，$\overline{P_1F}$ 與點 P_1 至準線的距離相等。因爲 M_1 在準線上而 $\overline{P_1M_1}$ 等於 P_1 至準線的距離，所以 $\overline{P_1F}$ 與準線垂直。

(2) 其次證明：Q_i 是 $\overline{FM_i}$ 的中點（ $i=1,2,3$ ）；所以 $\overline{FQ_1} \perp \overline{P_1Q_1}$，$\overline{FQ_2} \perp \overline{P_2Q_2}$，$\overline{FQ_3} \perp \overline{P_3Q_3}$。

設焦點 F 至準線的垂足爲 D。因爲頂點 A 是 $\overline{FD}$ 的中點，而過 A 的切線與準線平行，所以過 A 的切線必過 $\overline{FM_1}$ 的中點。依題目所述的性質，$\overline{FM_1}$ 的中點在過 P_1 的切線上，由此可知：$\overline{FM_1}$ 的中點就是過 P_1 的切線與過 A 的切線的交點 Q_1。

(3) 最後證明：F、T_1、T_2 與 T_3 共圓。

因爲 $\angle FQ_1T_3=\angle FQ_2T_3=90°$，所以 F、Q_1、Q_2 與 T_3 四點共圓。於是

$\angle FT_3T_1=\angle FT_3P_2=\angle FT_3Q_2=\angle FQ_1Q_2$。同理，因爲$F$、$Q_1$、$Q_3$與$T_2$共圓，所以$\angle FT_2T_1=\angle FT_2P_3=\angle FT_2Q_3=\angle FQ_1Q_3=\angle FQ_1Q_2$。由此可知：$\angle FT_3T_1=\angle FT_2T_1$，點$F$、$T_1$、$T_2$與$T_3$共圓。

問題四

由題意知，此四交點必落在二次曲線上；

$$c\cdot(ax^2+b-y)+a(cy^2+d-x)=0$$

整理後爲

$$acx^2+acy^2-ax-cy+ad+bc=0$$

$$\Rightarrow x^2+y^2-\frac{x}{c}-\frac{y}{a}+\frac{ad+bc}{ac}=0$$

$$\Rightarrow \left(x-\frac{1}{2c}\right)^2+\left(y-\frac{1}{2a}\right)^2=\frac{1}{4a^2}+\frac{1}{4c^2}-\frac{ad+bc}{ac}$$

因此，此四點落在以$\left(\frac{1}{2c},\frac{1}{2a}\right)$爲圓心

半徑是 $\sqrt{\frac{1}{4a^2}+\frac{1}{4c^2}-\frac{ad+bc}{ac}}$

的圓上。

問題五

由 $\frac{1}{2}>\left|\sqrt{2}-\frac{1}{1}\right|>\frac{1}{n}$

得知$n\geq 3$，底下證明$n=3$是最小的可能值，分三種情形討論。

(i) 若$\frac{q}{p}$是一個自然數則$p=1$，$\frac{q}{p}=q$

$$\left|\sqrt{2}-q\right|\geq 0.4>\frac{1}{3\cdot 1^2}\text{。}$$

(ii) 若$0<\frac{q}{p}\leq\frac{3}{2}$則$\sqrt{2}+\frac{q}{p}<\frac{3}{2}+\frac{3}{2}=3$

$$\left|2-\frac{q^2}{p^2}\right|=\left|\sqrt{2}-\frac{q}{p}\right|\left|\sqrt{2}+\frac{q}{p}\right|<3\left|\sqrt{2}-\frac{q}{p}\right|$$

$$\Rightarrow \left|\sqrt{2}-\frac{q}{p}\right|>\frac{|2p^2-q^2|}{3p^2}\geq\frac{1}{3p^2}\text{。}$$

(iii) 若$\frac{q}{p} \geq \frac{3}{2}$且 $p \geq 2$ 則

$$\left|\sqrt{2}-\frac{q}{p}\right| \geq \frac{3}{2}-\sqrt{2} \geq \frac{1}{3 \cdot 2^2} \geq \frac{1}{3 \cdot p^2}\ 。$$

綜合(i)，(ii)，(iii)證得 $n=3$ 是最小的可能值。

問題六

$$\begin{cases} 0 \equiv 2 \times 0 \pmod 6 \\ 0 \equiv 2 \times 0 \pmod 6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f(0) \equiv 2 \times f(0) \pmod 6 \\ f(0) \equiv 2 \times f(3) \pmod 6 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} f(0) \equiv 0 \\ f(3) \equiv 0 \text{ 或 } 3 \end{cases}$$

令 $f(1)=a$ 則

$$\begin{cases} f(2) \equiv 2 \times a \pmod 6 \\ f(4) \equiv 2 \times f(2) \equiv 4 \times a \pmod 6 \\ 2 \times f(5) \equiv f(4) \equiv 4 \times a \pmod 6 \end{cases}$$

$$\Rightarrow f(5) \equiv 2a \text{ 或 } 2a+3$$

由下面四個表，可以發現 a 可以是集合 A 中之任何元素

x	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	0	a	$2a$	0	$4a$	$2a$

x	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	0	a	$2a$	0	$4a$	$2a+3$

x	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	0	a	$2a$	3	$4a$	$2a$

x	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	0	a	$2a$	3	$4a$	$2a+3$

所以共有 $2 \times 6 \times 2 = 24$ 個。

口試試題

題一

(1) 可經由如下四步驟達成

$$\begin{aligned} & (A, B, C, D, E, F, G, H) \\ = & (1996,1995,1990,1990,1990,1990,1991,1990) \\ \rightarrow & (1996,1995,1990,1990,1996,1996,1991,1990) \\ \rightarrow & (1996,1995,1990,1996,1996,1996,1995,1996) \\ \rightarrow & (1996,1995,1995,1996,1996,1996,1996,1996) \\ \rightarrow & (1996,1996,1996,1996,1996,1996,1996,1996) \end{aligned}$$

(2) 因爲各頂點所代表的數的總和爲奇數（一偶七奇）；但是每經一次操作後，各頂點所代表的數的總和是比前一次的總和多出一個偶數。因此無論經過多少次操作，都不可能將一偶七奇的數變成八個完全相同的數字（因爲此時各頂點所代表的數的總和是偶數）。

(3) 因爲 A，F，C，H 四頂點所代表數的總和 m 跟 G，B，E，D 四頂點所代表數的總和 n 不同（相差爲 2）。由於每操作一次時，m 與 n 的值同時加上一個數字；因此無論經過多少次操作，都不可能將原來不一樣的數字 m 與 n 變成相同的數字。

題二

(1)(a) M_1，M_2，M_3 三點不在同一直線上的情形：

連接 $\overline{M_1M_2}$，$\overline{M_2M_3}$，$\overline{M_3M_1}$；過 M_1 點作直線 L_1 平行 $\overline{M_2M_3}$；過 M_2 點作直線 L_2 平行 $\overline{M_3M_1}$；過 M_3 點作直線 L_3 平行 $\overline{M_1M_2}$。設此三直線 L_1，L_2，L_3 兩兩相交於 A_1，A_2，A_3 則此三點即爲所求的三個點。

(b) M_1，M_2，M_3 三點在同一直線上：

設此三點 M_1，M_2，M_3 的座標分別爲 a，b，c。設所求三點 A_1，A_2，A_3 的座標分別爲 x，y，z 則

$$a=\frac{x+y}{2},\quad b=\frac{y+z}{2},\quad c=\frac{z+x}{2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x+y=2a \\ y+z=2b \\ z+x=2c \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad x+y+z=a+b+c$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = a - b + c \\ y = a + b - c \\ z = -a + b + c \end{cases}$$

(2) 設M_i 的座標為 (a_i , b_i) , ($i = 1,2,3,4$) ; A_i 的座標為 (x_i , y_i) , ($i = 1,2,3,4$) 則有

$$\begin{cases} \dfrac{x_1 + x_2}{2} = a_1 \\ \dfrac{x_2 + x_3}{2} = a_2 \\ \dfrac{x_3 + x_4}{2} = a_3 \\ \dfrac{x_4 + x_1}{2} = a_4 \end{cases}$$

即

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 2a_1 \\ x_2 + x_3 = 2a_2 \\ x_3 + x_4 = 2a_3 \\ x_4 + x_1 = 2a_4 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 2a_1 + 2a_3 = 2a_2 + 2a_4$$

若 $a_1 - a_2 + a_3 - a_4 = 0$ 時，可取 $x_4 = t$ 解得

$$\begin{cases} x_4 = t \\ x_1 = 2a_4 - t \\ x_3 = 2a_3 - t \\ x_2 = 2a_2 - x_3 = 2a_2 - 2a_3 + t \end{cases}$$ ，其中 t 為任意實數。

同理可證得：在 $b_1 - b_2 + b_3 - b_4 = 0$ 時， y_1 , y_2 , y_3 , y_4 的解為

$$\begin{cases} y_4 = s \\ y_1 = 2a_4 - s \\ y_3 = 2a_3 - s \\ y_2 = 2a_2 - 2a_3 + s \end{cases}$$ ，其中 s 為任意實數。

因此當$M_1M_2M_3M_4$ 構成平行四邊形 (如果是$M_1M_2M_3M_4$ 四點共線時，必須是M_1 , M_3 點的中點與M_2 , M_4 點的中點重合) 時，可以找到滿足題意的四點 A_1 , A_2 , A_3 , A_4 。

★

簡介美國地球體系教育（ESE）

*李春生 **周家祥 +萬義昺
*國立臺灣師範大學地球科學系
**台北市百齡國民中學
+台北縣五股國民中學

摘要：本文介紹地球體系教育的主要理念，為促進地球科學素養之培育以及探討它的源起與發展歷史、教學目標、課程內容等之主要概念群以及配合地球體系教育的一些研究計劃。這包括：(1)種子教師培訓計劃（PLESE），(2)中學地球體系課程研究計劃，(3)生物和地球體系科學整合計劃（BES），(4)全球變遷活動計劃，(5)全球變遷技術研究計劃，和(6)全球變遷與美國大湖區大衆教材開發計劃。

一、緣起

地球體系教育（Earth Systems Education, ESE）發展的背景可說源起於70年代末期起一連串的科學教育改革聲浪。美國國家科學基金會[1]（NSF）為此曾資助一個對美國現階段科學教育的綜合研究計畫名為Project Synthesis。該計畫曾對未來的科學教育提出建議，自此科學、技術和社會（S/T/S）遂成為科學教育的一個新方向。除此之外，一些外在的幾項因素也使改革的腳步加快：(1)美國學生在國際科學學科競賽中表現不佳；(2)美國一向領先各工業國家的尖端科學與技術，受到其它國家如日本等的威脅；(3)經濟的衰退，整體國力不再值得自豪，引起美國大衆的深切關心。許多相關的研究相繼問世，其中著名的如：A Nation at Risk（National Commison on Excellence in Education，1983）中指出「關心國家，就必須關心科學教育在國際經濟、工業、科學與技術所扮演的重要角色」。1985年起美國科學改進協會[2]（AAAS）開始發展Project 2061，期由對科學技術的本質及對科學素養的闡釋開始，以建立科學課程的改革概念基礎，進而發展課程模式與實施，促成教育改革的實現。

反觀目前社會上影響重大的環境議題，如工業發展對溫室效應的影響、核能電廠的設立、臭氧層的破洞、能源的開發利用等等，突顯地球環境相關知識的重要性。而現行的科學課程改革計畫中，如：AAAS的Project 2061，全國科學教師協會[3](NSTA)

---

(1) 國家科學基金會：NSF, National Science Foundation.
(2) 美國科學改進協會：AAAS, American Association for the Advancement of Science.
(3) 全國科學教師協會：NSTA, National Science Teachers' Association.

的 Scope, Sequence, and Coordination，雖對全民科學素養的提昇有不少具體方法與步驟，也企圖在未來的科學教育中對科學、技術和社會（S/T/S）的課題更加重視，但內容中和地球體系相關的知識却頗為忽視（Mayer & Armstrong, 1990）。如何在科學教育中融入地球體系的相關知識，以確保現在和未來的公民能具備地球素養（Earth Literacy）十分重要，所以地球體系教育（ESE）的觀念因而蘊育產生。

二、發展過程

1985年由來自美國國家科學基金會（NSF）和美國地質協會[4]（AGI）的教育學家及地球科學家，集聚一堂為地球體系教育（ESE）催生，一致認同提高全民的地球素養，需在學校教育中注入更多的地球體系知識，而首要之務為發展幼稚園至中小學的教學大綱。為了界定現代公民應該具備那些地球素養，並提供現行地球科學課程架構，1988年4月在首府華盛頓由美國地質協會和全國科學教師協會（NSTA）發起，召集相關的地球科學家及教育學家舉辦為期四天半的會議。由各主要的地球科學相關學科社團的學者專家、教育學者、各級教師，分組針對地球科學不同領域，研議出每一個公民17歲之前的地球科學教育4個目標和10類重要概念群等具體結論。由結論不難一窺21世紀地球科學教育之趨勢。之後再經過兩年的計畫與研議，NSTA向NSF提出The Program for Leadership in Earth Systems Education（PLESE）—主旨在發展ESE的師資。PLESE在全美分區進行時博得很大的迴響，而教學活動設計也陸續在全美各地進行。

次月，則根據同年定出的10類重要概念群，並參考Project 2061的主要精神，完成了K-12年級ESE的課程架構。

三、地球素養（Earth Literacy）

現今社會上和環境相關的議題層出不窮，但是一般公民對人類居住的地球環境或地球體系相關領域的知識十分欠缺，而政治、經濟、工業和企業界的領導決策階層對其所作的決策和地球環境之間的相互關係及影響也不瞭解。為什麼在全世界如此重視科學教育的今天，仍然不斷出現一些只求短期的經濟利益而犧牲人類長遠福址的決策？例如大量使用CFC（氟氯碳化物）和化石燃料，將對大氣層不利；熱帶雨林的消失將使大量

---

(4) 美國地質協會：AGI, American Geological Institute.

物種滅絕使全球環境受到影響。上述的例子均顯示一些領袖並不瞭解這些決策和整個地球體系之間的相互關係。

如果在科學課程中能成功的去教育公民使大家能瞭解科學，及其對人類生存環境相關的重要性，則應合理的包括學習認知地球和它的環境，而教育出具有所謂「地球素養」的專業人才與領導者。

Mayer et.al.（1992）認爲：「有地球素養的物理學家、工程師、經濟家、政治家和工業家，是能瞭解不管是爲了經濟或軍事的目的，科學家所驗證的理論、工程師所設計的，和地球體系間均存有密切的相互關係。」

人類的任何活動與環境之間都有一定的相互作用，身爲現代公民實應對地球體系有基本的素養，因此地球素養不只是對決策階層的領袖重要，而是全民都應具備的。目前很少人能意識到人類行爲和地球體系之間的關係，但若人民對地球環境相關的知識愈多，愈能利用輿論的力量左右決策的制定，而對環境造成直接的良性影響。

四、ESE的中心理念

新的科學課程改革雖對科學、技術與社會（S/T/S）的交互作用益趨重視，課程內容中對人類所居住的地球環境的相關知識却異常欠缺，ESE的主要努力目標就是想彌補這些缺失。

ESE的主要推動者之一爲俄亥俄州立大學的Mayer教授。他認爲目前有迫切的需求去重新設計有效的科學課程以確保現在和未來的公民具有科學素養（PLESE,1992 a）。況且科學最終的目的旣是關心及改進人類所賴以生活的環境，科學課程爲何不能架構在和地球相關的主題之上？統整科學課程是科學教育的長期目標，地球科學本身即爲一門統整的學科，以地球體系系統及其次系統爲架構，可以統整其它相關的科學；新的統整課程焦點更應該放在「地球體系」上，且由於研究的題材和人類生活環境脣齒相關，每一個人都應具備相關的基礎知識，以能對發生在日常生活中的各樣議題廣泛的提出意見。

不但科學課程上對地球行星應有更多的關注之外，ESE並強調在幼稚園至中小學各年級中應注入更多的地球體系知識，以確定未來的領袖及決策階層有機會接受適當的地球體系教育，以便培養他們的地球素養。

五、地球體系科學(ESS)對科學的貢獻

不同的科學探究的方法雖大同小異，但還是存在一些獨特而其它學科鮮有能相比的特殊研究方法或模式。地球體系科學(Earth System Science, ESS)探討的對象是地球及其在宇宙的地位，空間之廣，時間之浩，是人類的探求無法窮盡的。隨著科技的進步，人類不再滿足於侷限在地域性的研究，而展開廣大觸角，聯合國際間的力量，進行研究。語言和文化的隔閡阻礙了跨國合作的發展，但地球體系科學因著共同研究同一個課題—地球，提供了一個國際間能和諧地相互瞭解的合作模式。

除此之外，Mayer（1991）認為ESS尚有另外三種其它學科所不能提供的貢獻：

1. 哲學方面

地球的存在有多久？在1795年地質學之父 James Hutton 尚未發表他驚人的理論之前，地球被認為約只有6000年。Hutton 根據他所觀察到的地質現象認為地球的年齡應該比6000年更久，他首先介紹出時間「無垠」(Deep Time)的觀念。之後每一次新的發現都將地球的年齡往前推。思考這樣的問題需要豐富的想像力，現在的地球科學家們認為地球的年齡約有46億年之久，如果和人的生命相比，如果和人類全部的歷史相比，對價值的觀點將異於以往。時間「無垠」的概念可以幫助我們瞭解人類在宇宙之地位。

2. 方法學方面

地球科學的研究取材又是隨手可得的，只要在自家附近就可以利用所學到的地質知識，觀察研究附近的岩石特徵、地質構造、地形；隨時隨地也都可以觀察天氣。另一方面，地球科學探究的許多題材，都無法像物理或化學一般在實驗室裡反覆驗證，但是在有限證據的預測及推理之下，仍然可以發展出偉大的理論，如地球的模型、天體的運行、板塊的運動…等。學習此種科學家思考的方式，可以協助我們在日常生活中作決策，處理問題。

3. 概念方面

現今科學家已能遠離地球，不受空間的傳統侷限，在太空中由一個異於以往的角度看到整個地球行星，這使我們的觀念產生極大的轉變。換一個角度看，獨善其身、自掃門前雪，不再對自己有利。整個地球是一個無法分割的整體，除非整個大環境改善，否則地球上任何一處改變，其他各處都有可能受到影響。全球的變遷大致可以發生在兩種尺度；(1)數千至數百萬年，如板塊移動、海底擴張等；(2)數十至數百年，如全球性的溫

室效應、臭氧層破洞等。

六、ESE的四個教學目標

地球體系教育的教學目標在於使每一個公民對地球行星應有下列的瞭解（Mayer & Armstrong，1990）：

1. 科學思考（Scientific Thought） 能利用地球科學具有的科學歷史性、描述性和實驗性的過程來瞭解科學探究的本質。
2. 知識（Knowledge） 能描述並解釋地球上的作用及特徵，且能預期其改變。
3. 管理（Stewardship） 對於環境及資源的相關議題能有廣泛的認識及見解。
4. 欣賞（Appreciation） 能由美學的角度欣賞地球。

ESE教學目標和二十年前地球科學課程計劃ESCP(5) 訂定的做比較，其改變可說極大。如上述「管理」的理念就未曾出現在ESCP的教材中，更別說在科學課程中加入「美學欣賞」的觀點。對於科學的「態度」及「價值」的轉變，是ESE 教學目標和以往最大的不同（Mayer & Armstrong，1990）。

七、課程內容的十個主要概念群

1. 地球系統為浩瀚宇宙中太陽系的一小部份。
   (1) 太陽為地球能量的主要來源。
   (2) 太陽是宇宙中無數恆星中的一顆。
   (3) 月球與地球會相互影響。
   (4) 太空中所有的物體（包括地球）所受的作用，同樣也發生在太陽系及整個宇宙中。
   (5) 行星的性質由它在太陽體系中的位置和大小決定。
   (6) 地球相對於太陽的位置及運動會影響地球上潮汐、季節和氣候變化等。
2. 地球系統包含水、陸地、冰、空氣及生命等次系統的交互作用。

(5) ESCP：Earth Science Curriculum Project，地球科學課程計畫。

(1) 水有三態，並受能量的影響而轉變其相態。

(2) 海洋持續不斷的運動，且是覆蓋地球超過 70 %面積的資源。

(3) 冰圈爲地球的次系統，會隨季節和全球分佈變化。

(4) 大氣循環由太陽能加熱驅動，且受制於其它次系統間的交互作用。

(5) 固態地球（岩石圈）會與水圈、大氣圈、冰圈及生物圈相互影響。

(6) 生物圈也會影響其它次系統。

(7) 太陽是影響地球系統主要的能量來源。

(8) 地熱可能影響地球系統內部的動態作用。

(9) 地球系統的每一部份有獨特的性質、構造與組成。

3. 地球的次系統（水、陸地、冰、空氣及生命）會持續的演化，其改變是經由自然的過程和交互作用引起的循環所產生。

(1) 水循環通過次系統。

(2) 固體地球的最外層由運動中的板塊所組成。

(3) 所有新的岩石是由老岩石循環改變而成。

(4) 地球系統各部份間的主要交互作用有：水循環、岩石循環、碳循環、冰川循環及營養鹽循環等。

4. 地球的自然過程發生於數十億年（ 10^{16} 秒）至幾分之一秒（ 10^{-1} 秒）的時段之內

(1) 宇宙物理過程經歷的時間尺度從數秒至數十億年不等，差異巨大。

(2) 地球年齡超過於四十億年，且仍在演化中。

(3) 大氣是一圈很薄的保護毯，隨地質時間演化由不同的氣體及其他物質所組成。

(4) 化石是生物圈生態隨地質時間因素所衍生的改變的演化證據。

(5) 演化造成地球次系統一系列獨特的、歷史性的改變，例如：大氣組成的變化、生命形式的改變、固體地球構造的改變及水圈成份的改變。

(6) 地球改變的尺度有所不同，例如：

長期　固體地球及大氣圈的演化（約 4.5×10^{9} 年）

生命的演化（約 4×10^{9} 年）

盤古大陸的分裂（約 1.8×10^{6} 年）

冰期

長期　植物及動物的滅絕

乾旱

季節

每日天氣

核反應

短期　化學反應

5. 地球次系統的許多部份因過度或錯誤利用而受到限制或變脆弱，或由人類生活而加以改變，例如：受改變的有化石燃料、礦產資源、乾淨的水、土壤、植物與動物相。
6. 我們愈了解地球的次系統，愈能管理地球的資源。人類常使用地球的資源，如：水及礦物。
7. 人類活動不論有意或無意都會對地球次系統造成衝擊
   (1) 人類使用或活動和下列次系統會形成交互作用：

   水圈

   冰圈

   大氣圈

   岩石圈（採礦、災害等）

   生物圈

   (2) 人類活動無形中使全球環境受到衝擊。人類活動改變了地球的組成，如：燃燒化石燃料、不當的土地利用、戰爭與戰備、釋放有害的化學物質及放射線物質、拋棄有害的物質、導致物種滅絕。
8. 對次系統愈瞭解愈能引發美學的欣賞
   (1) 人類藉由保存、適當的利用及修復等方法來欣賞及管理地球，如：自然公園、開墾（馴養）、保留、再創作、立法、土地管理及利用、國際與區域合作。
9. 科技的發展能促進我們了解地球的能力
   (1) 科技增進我們了解地球的能力，如：光學及電子顯微鏡、光學及電波望遠鏡、紅外線感應、都卜勒雷達、潛水艇、衛星、電腦。
10. 地球科學家是研究地球次系統的起源、作用及演化的人，他們運用專門的知識去探測資源並預測地球的未來。

(1) 大氣的觀測用以預測天氣

(2) 地球儀及地圖可呈現地球的比例及模型

(3) 對其它行星的知識有助於我們了解地球

八、配合ESE的各種研究計畫

ESE不只是停留在理念推廣的階段，以俄亥俄州立大學爲核心，ESE的理念藉由下面的數個計畫，已經逐步邁向具體與完整（PLESE，1992b）：

1. 種子教師培訓計畫（PLESE）

宣揚ESE的理念重要的一項工作即爲教師領導者的培訓，以便日後成爲ESE課程活動設計的推廣及輔導網路中心的種子教師。基本上，主要的課程活動也是由實際參予教學的教師來共同設計，前膽的教師訓練就是NSF所贊助的PLESE（The Program for Leadership in Earth Systems Education）的主要目標。

該訓練中之每個小組由鄰近地區的高中、初中和國小高年級的科學教師各一人組成，參加爲期三週的暑期研討會，其主要內容如下：

(1) 學習地球體系變化的相關課題：由實際參與全球變遷研究計畫的科學家講授。

(2) 利用幼稚園至中小學各年級的ESE課程大綱，訂定並發展地球體系教育的教學題材。

(3) 計畫第二個年度的區域性ESE研討會。

研討會的最後兩天並有相關的行政人員及教授參與，面對面的和教師們就實際推廣可能面對的問題作溝通對談。經過培訓的教師都將成爲該地區或該校ESE的種子教師，領導ESE理念及課程的推廣及輔導工作，且互相支援，而各種最新的ESE資訊也都能由此網路快速而廣泛的傳達至每個角落。

PLESE計畫由1990至1992三年的時間，已經在全美各地區培訓出超過60組以上的種子教師。

目前成立的PLESE推廣中心主要有三：

(1) 全國合作中心設於俄亥俄州立大學。

(2) 東部計畫中心亦設於俄亥俄州立大學，負責東部各州。

(3) 西部計畫中心設於北科羅拉多大學，負責太平洋沿岸、洛磯山脈附近各州，以及中部各州。

2. 中學地球體系課程研究計劃（Earth Systims in the Middle School

Science Curriculum)

爲使科學教育更能落實在了解人類所賴以生存的地球，及地球的各項作用對人類生活的影響，PLESE因而展開一項子計畫，招集俄亥俄州八所中等學校部份教師參與科學課程的設計，其中許多教師已受過三週的PLESE暑期研討。

此課程設計的過程主要由參與教師分年級進行研討，以地球科學爲焦點，統整其它科學知識，注重技術發展應用對地球體系造成的影響，從而發展教學資源與教學活動。

3. 生物和地球體系科學整合計劃 (Biological and Earth Systems Science, BES)

1989年在俄亥俄州的Wasington High School 進行了一項9、10年級的整合生物與地球科學課程改革實驗計畫 - The Biological and Earth System Science (BES)。 這爲期兩年的統整課程以「地球體系教育課程架構」爲出發點，再適度融合生物次系統及其它次系統之內容，以取代傳統分別獨立的地球科學和生物課程。

第一年的課程以全球變遷重要議題爲單元，第二年則把焦點放在幾個地球科學作用對生物影響的主題上，如侵蝕作用、板塊運動等。

在教學上以小組合作學習的方式進行，以閱讀材料代替課本，重視設備及儀器的輔助，如：麥金塔電腦、聲音及影像光碟片、資料庫等。

4. 全球變遷活動計畫 (The Global Change Activity Project)

在對PLESE計畫中所設計教材之綜合研究中，發現缺乏「地球爲一體系」概念之教學活動。爲補強此一欠缺，全球變遷計畫於是產生。其目地在爲高中階段發展全球變遷爲主題的科學課程模組，包括教室活動及事實記錄。

已發展出之主題包括：

(1) 溫室效應與全球暖化
(2) 臭氧層破洞
(3) 森林砍伐對生物歧異度的影響
(4) 艾尼諾效應 (聖嬰效應)
(5) 沙漠化
(6) 遙測
(7) 氣候模式
(8) 地震預測
(9) 火山噴發
(10) 酸雨
(11) 全球氣候變遷指數

此外，對於技術之於地球研究和資訊傳播的影響也列爲重點之一。

5. 全球變遷技術 (Global Change Technologies) 研究計劃

在地球體系的研究中，電腦及周邊設備所扮演的角色極其重要，但在教室內的利用

却頗爲缺乏。這個計畫的目的希望能藉由加強教師對研究全球變遷技術的瞭解，進而在教室中更能充份利用遙測、線上資料庫及各項軟硬體設施進行活動。

目前計畫中包含下列教師進修的主要項目：

(1) 如何利用資料庫存取地震、美國航太總署（NASA）的活動及各種環境資訊。

(2) 學生利用 Hypercard 軟體進行分類、共用資料、製作圖表等。

(3) 商業軟體的使用。

(4) 如何由各種管道獲得並使用原始資料，如CD-ROMs，氣候資料庫…等。

(5) 政府相關的資料管道及CDs 等資料的提供。

(6) 衛星資料的使用及解釋。

(7) 使用連續性全球變遷資料用以分析變遷趨勢的範例。

(8) 以更新的數據建立資料庫或取代現有電腦資料。

6. 「全球變遷與大湖區」大衆教材開發計劃（Global Change Scenarios for the Great Lakes Region）

此計畫旨在爲一般民衆瞭解全球變遷對大湖區可能造成的影響，而出版一系列的刊物，冀望民衆由瞭解進而對全球變遷的相關議題投注更多的關心。這份出版物由專家來審校，寫作手法深入淺出，內容包含全球變遷對大湖區的各種潛在影響：

(1) 農業

(2) 自空而降的毒素

(3) 休閒

(4) 生物的歧異性

(5) 河口

(6) 水污染

除供一般民衆的閱讀外，部份內容也可發展成教室內的教學活動。

九、俄州爲ESE所設計的七項課程綱要

1990年5月於俄州立大學爲ESE，幼稚園與中小學課程所訂定的大綱，由ESE的教學目標及概念群爲基礎，並參考 Project 2061 的精神發展而成。共有七項主要綱要，各依所需延伸出一些次要綱領。PLESE中的課程活動即以此大綱爲依據（PLESE, 1992 a）。

* 綱要一　地球是獨一無二的美麗行星
  1. 地球的美麗與價值能藉由文學及藝術來表露。
  2. 經由對地球次系統更深入的認識，可加深人類對地球的鑑賞力。

3. 人類透過負責的行為與對地球次系統的管理，顯示對地球的欣賞。

＊綱要二 人類的行為，無論集體或個人、有意或無意，都會嚴重地影響到地球行星。

1. 地球是脆弱且資源有限，過度與不當的開發均會造成負面影響。
2. 人口持續的成長使自然資源消耗增加，環境破壞，甚至影響他們的族群。
3. 自然資源欲有效利用，人類首先應思考其生活方式，減少消耗，資源回收再利用。
4. 工業副產物污染空氣、土壤及水，其影響是全球性的。
5. 對地球的瞭解愈深，愈能對資源作有效的管理，減少對全球性環境的影響。

＊綱要三 科學思考及技術的發展有助於我們瞭解及利用地球和宇宙的能力。

1. 直接的觀察、簡單的工具和新式的技術被用以研究地球體系的模式及理論。
2. 歷史性的、敍述性的和實證性的研究都是研究地球及宇宙的重要方法。
3. 科學研究能導致技術進步。
4. 不論多麼精密，技術無法解決我們所有的問題。
5. 技術的使用可帶來利益，但亦有副作用。

＊綱要四 地球體系及由水、岩石、冰、空氣及生命等次系統交互作用而組成。

1. 次系統經由自然的作用及循環不斷的改變。
2. 太陽是地球體系能源主要的來源。
3. 地球體系的組成份子各有其獨特的性質、構造及成分，但可能因次系統間的交互作用而改變。
4. 板塊構造理論說明「力」及「熱」如何引起地球內部及表面持續的改變。
5. 風化、侵蝕和沈積不斷地再造地球表面。
6. 生命的出現影響其它系統的特性。

＊綱要五 地球行星形成至今超過四十億年，而它的次系統仍不斷的演化。

1. 地球上自然作用及循環，其週期可由數秒甚至更短至數十億年之久。

2. 組成地球的物質已經循環很久。
3. 化石提供了生命演化，生物與地球交互作用的證據。
4. 演化理論說明了隨著時間之改變，生物如何改變。

* 綱要六　地球是浩瀚宇宙中太陽系的一個小次系統

1. 宇宙中物質，包含生命體在內，都由相同的一些元素所組成，並遵循相同物理原理。
2. 所有太空中的天體，包括地球在內，都受到太陽及宇宙間力的作用。
3. 包括地球在內的九顆行星不斷以接近圓形的軌道繞著太陽運行。
4. 地球是太陽系中第三顆且體積小的行星，太陽是目前所知唯一具有行星體系的星系。
5. 地球相對於日月的位置及運動決定季節、氣候及潮汐。
6. 地球繞軸自轉造成晝夜變化。

* 綱要七　從事於地球起源、作用及演化的研究可開發出許多的職業

1. 從事地球方面研究的教師、科學家及技術人員可受聘於企業界、工業界、政府機關公家或私人機構、獨立的承包商。
2. 和地球科學研究有關的職業有野外標本資料的搜集、分析、即從事實驗室的工作。
3. 全球各地的科學家利用口頭、文書或電訊等溝通方式進行合作。
4. 研究地球的科學家與技術人員利用專門的知識探討或預測地球體系的改變。
5. 許多業餘的人對地球行星的作用及題材深感興趣。

十、ESE的啓發

地球體系教育爲科學課程帶來許多突破的想法，雖然我國中學的科學教育採分科而非自然科學統整的方式進行，但對我國未來的科學教育改革，也提供了相當多的啓示。

1. 提供統整科學的可行途徑

長久以來，自然科學間的統整，一直是許多科學家與教育學家共同努力的目標，但科學課程如何落實，也是爭議的焦點所在。地球體系科學(ESS)以人類生存的地球環境、作用和現象爲主要架構，來整合其它自然科學，甚至包括其它相關的非自然學科，

充分提供了和人類實際生活問題相仿的情境，由此種統整的課程學得的知識方能活用、印證在生活中。它爲統整自然科學開闢了一個可行的道路。

2. 注重地球次系統間的交互作用

科學研究的日益精進造成各專門領域各自的深入探討，愈是如此，和其他領域間愈是難以溝通。而地球體系的各種作用與現象却絕非獨立發生，一定和其它次系統產生關連，因此無法以封閉系統來探討。ESE除注重對次系統的瞭解，也強調各次系統之間的交互作用。

3. 地球體系爲一整體

地球體系科學絕不可以只講求片段的知識，而應將地球看作一整體來研究，這常常是一些科學學科的盲點。

4. 對科學價值重新評估

科學的研究是永無止境的，研究出的結果是力量、是權威，但經由人類爲某些特定目的而利用的結果，有時却造成人類本身或環境形成莫大的威脅，或必須付出更大的代價來彌補，諸如目前發生在社會上和環境相關的嚴重議題。

地球體系教育讓我們不再自限於一己的觀點，而以環境和人類共同的觀點，以地球整體的觀點，來重新評估科學的價值。讓我們，尤其是領導階層，能以謀求人類及整體環境的長久利益爲前提來作決策。

5. 以美學的角度欣賞地球

這是科學教育上最能突破以往的一點，藝術家雖然一直由自然界中獲取許多的靈感，但在科學的領域中似乎應秉持理性，而不可涉及感性的體認。地球體系教育打破此一限制，對於我們所關注的地球環境，同時以科學與美學的角度來審視。除重視科學研究的方法外，也不再忽視情意方面的陶冶，以此一角度來欣賞地球環境，能使我們對自然的定律產生敬畏與讚嘆。愈能感受自然環境的美，就愈能親近地球且關心它及保護它。

6. 和日常生活相結合

地球體系科學所研究的許多題材是隨手可得的，像運用地質的知識，每一個人都可在自家附近進行地形和地質的研究；不論何時何地，也都可以收集氣象的資料以進行相關研究。所研究的題材就在每個人的生活四周，大自然就是實驗室，而人人都可參與研究。

十一、ESE在我國推行的展望

目前我國中等教育仍舊以分科進行自然科學教學，短期內統整並以地球體系教育取代的機會不大，而現在及未來的公民又急需擁有地球體系的素養，故或可於下列數種方式略作彌補：

(1) 現行小學「自然科學」及國、高中「地球科學」課程的設計應盡量融入地球體系教育的精神，並將旁枝末節的非主要概念剔除。愈早融入ESE精神，學生日後養成正確地球素養的可能性愈高。

(2) 大學中普遍設有通識教育課程，通識教育大致可區分爲自然科學、社會科學與數學三大領域。地球體系教育的架構可安排於自然科學類，成爲選修的課程（Short，1990）。

(3) 政府負有教育社會大衆的義務，因此有關單位應透過各種傳播媒體，向民衆提供最新有關地球環境的新知；而各學術性社團亦可以其專業能力積極參與各項ESS大衆知識傳播活動。

參考文獻

Mayer，V.J.，& Armstrong，R. E.（1990）.What every 17-year old should know about planet earth；The report of a conference of educators and geo-scientists .*Science Education*，74（2），155-165.

Mayer，V.J.（1991）.Earth-systims science. *The Science Teacher*，1991（1），34-39.

Mayer，V.J.etc.（1992）.The role of planet earth in the new science curriculum.*Journal of Geological Education*，40，66-73.

National Commission on Excellence in Educarion.（NCEE，1983）.*A Nation at Risk：The imperative for educational reform，a report to the nation and the secretary of Education.*Washington，D.C.：United States Department of Education.

Program for Leadership in Earth Systems Education.（PLESE，1992a）.Framework for earth systems education.*Earth Systems*

Education ： Origins and Opportunities ， *7-9.*Columbus ： Ohio State Universty and Universty of Northern Colorado.

Program for Leadership in Earth Systems Education.（PLESE，1992b）. Projects in Earth Systems Education.*Earth Systims Education ： Origins and Opportunities* ， 23-30.ColumbusOhio State Universty and Universty of Northern Colorado.

Short，N.M.（1990）.Is science or geoscience best for the average student？ *Journal of Geological Education*，38，187-190.

★

An Introduction to Earth Systems Education in U.S.A.

°Chun-Sun Lee, *Chia-Hsiang Chow, **I-Bin Wan

°Department of Earth Science, NTNU
*Taipei Pai-Lin municipal Junior High School
**Taipei Wu-Ku County Junior High School

ABSTRACT

This article describes the rationale for Earth Systems Education (ESE) , its history and importance , and implications for research and further development that have proceeded from initial implementation efforts which including several projects as follows：

(1) The Program for Leadership in Earth Systems Education (PLESE)
(2) Earth Systems in the Middle School Science Curriculum
(3) Biological and Earth Systems Science (BES)
(4) The Global Change Activity Project
(5) Global Change Technologies
(6) Global Change Scenarios for the Great Lakes Regions

★

簡介虛擬實境在科學教育上的應用

唐文華
國立新竹師範學院數理教育學系

摘要：虛擬實境是一種可創造出與使用者互動式環境來模擬我們眞實世界的技術，在這個環境裡，我們可以透過特殊電腦週邊設備（如頭戴顯示器和三度空間滑鼠）看到、聽到、甚至接觸到彷彿與眞實世界裡一模一樣的景物，也可以與虛擬環境中的物件進行互動式的活動。虛擬實境在許多方面的應用受到大家的重視，其主要原因是一個虛擬而逼眞的環境可以達到近乎眞實的效果，却又可以免除身處眞實環境的危險性和成本上的消耗。本文主要目地，在於介紹虛擬實境系統的建立方法，以及這項技術應用在科學教育上的範圍。

關鍵詞：虛擬實境、頭戴顯示器、三度空間滑鼠、立體像對。

壹、前　言

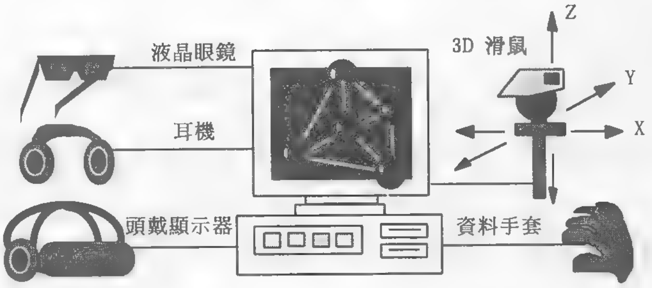
近幾年來，虛擬實境（Virtual Reality）在科學、工程、國防、教育及娛樂等各方面的應用受到大家的重視，其主要原因是一個虛擬而逼眞的環境可以達到近乎眞實的效果，却又可以免除身處眞實環境的危險性和成本的消耗。目前歐、美國家對於虛擬實境的發展與應用已經相當普遍，其範圍從飛行員的訓練、室內裝潢模擬到以虛擬實境爲主題的電玩遊戲和科幻電影等，而一些大型的科學博物館也都設有虛擬實境展覽館以供民衆參觀。由於我國在這方面起步較晚，又因虛擬實境本身結合了多項現代化電腦技術與設備，故價錢甚爲昂貴，國人除了在特定的展示會場，就很少有機會接觸到這方面的系統，因此較難體會到眞正進入虛擬世界的那種感受。

其實並非所有虛擬實境都必須透過電腦動畫才能實現，早期的立體電影可說是現代化虛擬實境的前身，若是再配合上立體音效與油壓式機械系統的座位（如迪斯耐樂園中的星際之旅），往往能使觀賞者產生身歷其境的效果。由於預錄的立體電影受限於當初攝影機拍攝的路線和角度，因此無法隨觀賞者本身的意識和動作產生互動的效果。隨著電腦繪圖技術（Computer Graphics）的進步和一些特殊週邊設備如頭戴顯示器（Head-Mounted Display）與三度空間滑鼠（3-D Mouse）的問世（如圖一），使用者可以在電腦的虛擬環境中看到、聽到、甚至接觸到彷彿與眞實世界裡一模一樣的景像，也可以與虛擬的物件進行互動式的活動。而電腦所創造的虛擬實境可以隨著使用者的移動、轉動或是按鈕而產生立即的相對變化。虛擬實境本身由於具有許多優良特性，

如高互動性、具眞實感、可模擬各種狀況、可反覆練習、不具危險性和低成本消耗，因此非常適合應用在教育訓練上。

貳、虛擬實境系統介紹

圖一、進入虛擬實境的世界



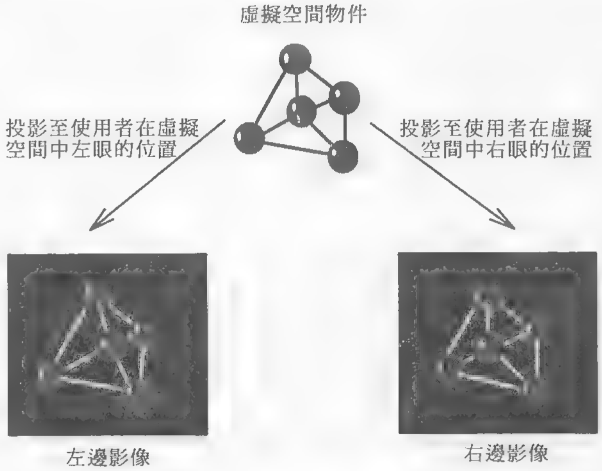
圖二、虛擬實境的硬體設備

一般虛擬實境系統的建立包括硬體、軟體和資料庫三個部份。硬體方面（如圖二）除了電腦的基本配備之外，還需要能夠提供立體視覺與音效的設備，如頭戴顯示器、液晶（Liquid Crystal, LC ）眼鏡、立體耳機，以及提供輸入訊息的設備，如三度空間滑鼠或資料手套（ Data Gloves ）; 其他比較特殊的設備，如虛擬實境套裝上面裝置了振動器，可以模擬身體觸覺和所受到的作用力。

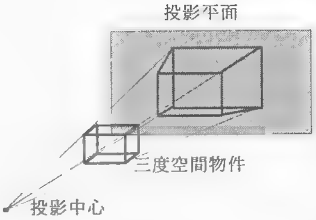
液晶眼鏡或頭戴顯示器可提供立體像對給使用者的雙眼以模擬人類的立體視覺效果。液晶眼鏡的原理是藉著鏡片上液晶閘門（ LC Shuttles ）來控制左、右鏡片一開一閉的動作，並且配合電腦螢幕交互顯示左、右立體像對以產生立體視覺效果；因此液晶閘門的開、閉動作必須與電腦螢幕的顯示畫面同步（ Chu, Tarng, Lin & Cheng,1991），而電腦本身也必須提供同步信號給液晶眼鏡，並以低於人類視覺暫留的時間來交互顯示立體像對，而使用者只要戴上液晶眼鏡面對電腦螢幕就可看到立體的視覺效果。雖然液晶眼鏡比起早期的紅綠眼鏡或偏光眼鏡適合用來觀看電腦立體影像，但是它的主要缺點在於視覺頻寬減半（同一時間只能用一隻眼睛觀看）和互動性較差（使用者移動或旋轉的範圍有限）。隨著頭戴顯示器的問世，原本液晶眼鏡的頻寬和互動性問題都可獲得解決。頭戴顯示器本身具有兩個小型液晶顯示畫面可同時顯示左、右立體像對，而頭戴顯示器上的感應器，隨時將使用者的位置和方向變化量提供給系統，以便重新計算在虛擬

空間中與其他物件的相對距離和互動關係，另外頭戴顯示器上的耳機也可根據使用者在虛擬空間中與音源的相對距離來播放立體音效。其他設備如三度空間滑鼠或資料手套除了具有位置感應器，也提供使用者按鍵或抓取物件的功能。

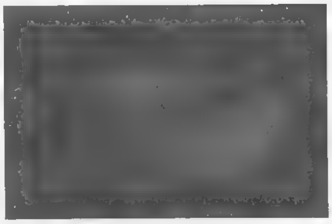
在軟體方面，主要的部分是透過位置與方向感應器的輸入訊息來計算使用者在虛擬空間的位置，以及根據使用者在虛擬空間的位置利用三度空間電腦繪圖技巧來描繪出模擬使用者左、右眼所看到的景象（如圖三）。通常虛擬空間中的物件是由數個多邊形組合而成，而多邊形的數目隨著物件幾何結構的複雜程度而增加。產生立體像對 (Stereo Image Pair) 的步驟，包括三度空間到二度空間的透視投影（Perspective Projection，如圖四）(Rogers & Adams, 1990)、隱藏面去除法（Hidden Surface Removal) 和物件表面的著色 (Rendering)(Rogers, 1985)。一般常用的著色技巧有光影描繪（Shading，如圖五）、光跡追蹤（Ray Tracing，如圖六）和紋路張貼 (Texture，如圖七)等。由於虛擬實境軟體必須隨著使用者的瞬間動作完成上述的計算工作，電腦的速度必須夠快才能達到即時反應的效果。



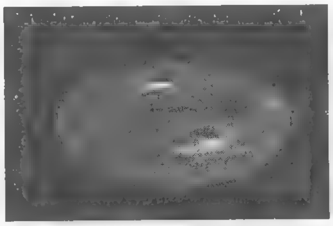
圖三、立體像對的產生



圖四、透視投影法



圖五、光影描繪法

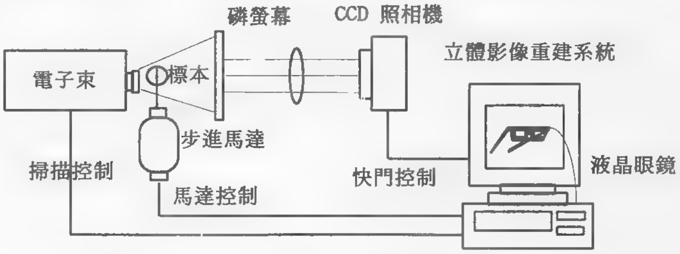


圖六、光跡追蹤法

圖七、紋路張貼法

虛擬物件資料建立的方式，隨著應用範圍的不同而略有差異，但是基本上都必

須建立三度空間的物件資料庫以及物件與資料庫之間的鏈結。模擬的物件在虛擬空間的位置、幾何形狀和屬性（如亮度、紋路等），可因設計者指定或使用者動作而改變，而某些物件參數（如環境溫度）的改變也可能會影響其他物件的特性或行爲（如分子碰撞速度）。眞實物件的立體結構和屬性，一般可透過三度空間影像系統如共軛焦點顯微鏡（Confocal Microscopes）、X-ray 斷層掃描（X-ray CT Scanning）、雷射或超音波掃描取得（如圖八）。通常由眞實物件所取得的資料，還要經過特殊影像處理如過濾（Filtering）、資料重建（Data Reconstruction）和加深邊緣（Edge Enhancing）等步驟（Jain, 1989; Wang, Lin, Cheng & Shinozaki, 1991）以方便使用者觀察。



圖八、X-ray 立體影像系統

参、虛擬實境在科學教育上的應用

由於虛擬實境本身具有許多優良特性，因此非常適合應用在教育訓練上，像美國空軍就利用虛擬實境系統來實施飛行員的初期訓練，如此不但可以避免因技術不純熟或不適應飛行所造成的危險，而且虛擬實境系統可以模擬各種不同的天候和狀況來加強飛行員的應變能力。以生物科教學爲例，我們可以進入虛擬世界隨著血液循環親身體驗一下人體之旅，或透過虛擬實境來教導學生有關動、植物細胞的構造，甚至戴上資料手套來解剖青蛙。我們相信透過虛擬實境的學習要比教科書上的文字、圖片或老師的敍述來的生動而有趣。虛擬實境在科學教育上的應用範圍很廣，例如：

1. 生物 - 生物細胞的結構與功能、DNA 的複製過程、細胞分裂過程、細菌的繁殖與控制、人類的器官與系統介紹、植物光合作用、解剖實驗模擬。
2. 物理 - 氣體分子擴散情形、物體碰撞反應、電場或磁場的分佈與改變情形、波動現象的觀察、光的反射與折射現象、電子在半導體中的運動情形、風洞實驗模擬、地心引力視覺模擬、核能發電廠應變模擬。
3. 化學 - 原子、分子或晶體的結構介紹、化學反應時顏色、酸鹼度與鍵結的變化、溫度與催化劑對化學反應的效應、氧化還原反應與冷熱效應、分子動態模擬。
4. 地球科學 - 太陽系行星介紹、地球自轉與公轉、星象觀測模擬、銀河之旅、大氣層溫度變化、地球岩石與礦物結構、自然環境與季節變化、日蝕與月蝕現象解說。

肆、結　論

虛擬實境是一項結合現代化電腦軟、硬體與多媒體的高科技產物，而其適用範圍也深入各年齡與應用階層，目前世界先進國家對於虛擬實境的發展與應用已經相當普遍，而研究結果顯示虛擬實境本身具有許多優良特性，因此非常適合應用在教育訓練上。筆者希望藉著本文的介紹來增加我國從事科學教育人員對於虛擬實境的認識與興趣，進而將這項技術應用在教學上以提昇我國科學教育的水準。

參考文獻

1.Chu, H.M., Tarng, W., Lin, T.H. and Cheng, P.C. (1991). Optimal 3D Viewing of Confocal Images. *Proceeding of SPIE 1991*, I, 37-39.

2.Jain, A.K. (1989). *Fundamentals of Digital Image Processing,* Prentice Hall Publishing Company, Chap. 10, 439-444.

3.Rogers, D. and Adams, J. (1990). *Mathematical Elements for Computer Graphics*, Mc Graw Hill Publishing Company, Chap. 3, 187-195.

4.Rogers, D. (1985). *Procedural Elements for Computer Graphics,* Mc Graw Hill Publishing Company, Chap. 5, 309-408.

5.Wang, G., Lin, T.H., Cheng, P.C., Shinozaki, D.M. (1991). Scanning Cone-Beam Reconstruction Algorithms for X-ray microtomography. *Proceeding of SPIE 1991*.

An Introduction of Virtual Reality for the Application in Science Education

Wernhuar Tarng

Department of Mathematics and Science Education

National Hsin-Chu Teachers College

Hsin-Chu, Taiwan, R.O.C.

Abstract

Virtual reality is a new computer technology which can create interactive environments to simulate our real world. In these created environments, we can see, hear, and even react to the environmental changes through special computer I/O interfaces such as head-mounted display (HMD) and 3-D mouse to produce stereo visualization and sound effects. Virtual reality has received increasing attention in many applications because a virtual yet realistic environment can produce close-to-real effects but reduce the cost and avoid the risk of being in the real environments. The objective of this paper is to study how to build up a virtual reality system and to apply this technology in science education.

Key words: virtual reality, head-mounted display, 3-D mouse, stereo image pair.

★

關於三邊長皆爲整數的直角三角形的一些性質

邱坤毅
省立台東高級中學

一、前　　言

民國 63 年大學聯考自然組有一道試題如下：
設 m，n 爲任意自然數且 $m>n$，令 $x=m^2-n^2$，$y=2mn$，$z=m^2+n^2$ 則下列各敍述何者恆成立(A) $x<y$　(B) $x+y>z$　(C) x，y 中必有一數爲 4 的倍數　(D) x，y 中必有一數爲 3 的倍數　(E) x，y，z 中必有一數爲 5 的倍數。　因此題是選擇題，考生可代入數字發現 x，y，z 構成直角三角形的三邊長可以歸納的方式猜出答案。但令人感到興趣的是：任意三邊長爲整數的直角三角形是否都可找到 m，$n\in N$ 且 $m>n$ 使三邊長爲 m^2-n^2，$2mn$，m^2+n^2？以下內容除了證明我們的猜測外，儘量以高一、二的數學教材爲基礎，希望能提供一些數學知識給中學生，這是此篇文章的最大目的，因才疏學淺，望諸位先進不吝賜教。

二、內　容

很多高中生對於上述的問題，他們會直覺地認爲 $(m^2-n^2)^2+(2mn)^2=(m^2+n^2)^2$ 故知 m^2-n^2，$2mn$，m^2+n^2 可構成直角三角形的三邊長，這種把結果代入條件的錯誤邏輯相當常見，個人的一點淺見，不妨舉些學生熟悉的例子如：(3,4,5),(5,12,13),(7,24,25),(8,15,17)……(見本文後的附註）讓他們試著去找 m，n，從實驗中了解，至少比我們在黑板上解釋半天還有效。以下展開我們的尋求：

定理 1：$u,v,w\in N$ 爲直角三角形的三邊長（w 爲斜邊長）
則 $(u,v)=(v,w)=(w,u)=(u,v,w)$（此處：$(u,v)$ 表 u,v 的最大公因數）

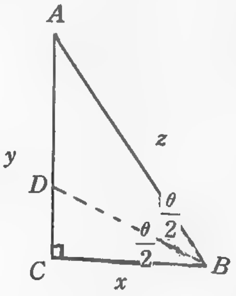
證明：設 $(u,v)=d_1$，$(v,w)=d_2$　$\because$　$u^2+v^2=w^2$
$\Rightarrow$　$d_1^2\mid u^2$ 且 $d_1^2\mid v^2\Rightarrow d_1^2\mid w^2$
設 $(d_1,w)=h$ 得 $d_1=hd_2$，$w=hw_1$ 且 $(d_2,w_1)=1$

$\Rightarrow h^2d_2^2 \mid h^2w_1^2 \Rightarrow d_2^2 \mid w_1^2$ 但 $(d_2, w_1) = 1$ 故 $d_2 = 1$ 即 $h = d_1$，$w = d_1w_1$

$\Rightarrow \because d_1 \mid w \Rightarrow d_1 \mid d_2$ 同理 $d_2 \mid d_1$ 故得 $d_1 = d_2$ 即 $(u, v) = (v, w)$

同理可證 $(v, w) = (w, u)$ 故 $(u, v) = (v, w) = (w, u) = (u, v, w)$。

定理2：承定理1存在 $m, n, K \in N$ $(m > n)$ 且 $m^2 - n^2$，$2mn$，$m^2 + n^2$ 兩兩互質，同時 $(m, n) = 1$ 使得 $u = (m^2 - n^2)K$，$v = 2mnK$，$w = (m^2 + n^2)K$ 且 m, n 爲一偶數一奇數。



圖一　$\angle ABC = \theta = 2\angle DBC$

證明：設 $(u, v, w) = K$，$x = \dfrac{u}{K}$，$y = \dfrac{v}{K}$，$z = \dfrac{w}{K}$

則 x, y, z 兩兩互質，且 x, y, z 亦構成直角三角形三邊長。

1°　$\dfrac{x}{\cos\theta} = z$，$\dfrac{y}{\sin\theta} = z$（由圖一）

2°　$\cos\theta = 2\cos^2\dfrac{\theta}{2} - 1 = \dfrac{2}{\sec^2\dfrac{\theta}{2}} - 1 = \dfrac{1-t^2}{1+t^2}$（令 $t = \tan\dfrac{\theta}{2}$）

$$\sin\theta = 2\sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2} = 2\cdot\frac{\sin\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{\theta}{2}}\cdot\cos^2\frac{\theta}{2} = \frac{2t}{1+t^2}$$

由1°,2°可知 $x : y : z = 1 - t^2 : 2t : 1 + t^2$

3°　$\because \overline{AB} : \overline{BC} = \overline{AD} : \overline{DC}$ 得 $\overline{CD} = \dfrac{xy}{x+z}$ 即 $t = \dfrac{\overline{CD}}{BC} = \dfrac{y}{x+z}$

故 $0 < t < 1$ 且 $t \in Q$，令 $t = \dfrac{n}{m}$（$m > n$ 且 $(m, n) = 1$）

則 $x : y : z = 1 - (\dfrac{n}{m})^2 : 2\cdot\dfrac{n}{m} : 1 + (\dfrac{n}{m})^2 = m^2 - n^2 : 2mn : m^2 + n^2$

若 m, n 爲二奇數，則 $m^2 - n^2 : 2mn : m^2 + n^2$ 不爲最簡比。

故 m, n 必爲一偶數一奇數時 $m^2 - n^2 : 2mn : m^2 + n^2$ 才是最簡比。

（因 $(m, n) = 1$，$\therefore m, n$ 不可能爲二偶數，另 $(m, n) = 1$ 且 m, n 爲一偶數一奇數時則 $m^2 - n^2$，$2mn$，$m^2 + n^2$ 兩兩互質的性質可利用反證法證得，這留給讀者證明）。

由 1°,2°,3° 知當 $(m, n)=1$ 且 m, n 為一偶數一奇數時，

得 $x=m^2-n^2$，$y=2mn$，$z=m^2+n^2$（因 x, y, z 兩兩互質）

故 $u=(m^2-n^2)K$，$v=2mnK$，$w=(m^2+n^2)K$。

定理3：若直角三角形三邊長為整數，則兩股長至少有一為3或4的倍數，三邊長至少有一為5的倍數，即三邊積為60的倍數。

說明：這是前言中所提的題目；在證明之前我們介紹一個符號；設 m 是正整數，a 和 b 是整數。若 a 與 b 被 m 除所得的餘數相同，則我們稱 a 與 b 對模 m 同餘，記做 $a \equiv b \pmod{m}$。因此 $m \mid a-b$。例如 $8 \equiv 3 \pmod{5}$，$58 \equiv 14 \pmod{11}$。再來我們介紹同餘的一些性質：

(1) 若 $a \equiv b \pmod{m}$，$c \equiv d \pmod{m}$ 則 $a \pm c \equiv b \pm d \pmod{m}$

(2) 若 $a \equiv b \pmod{m}$，$c \equiv d \pmod{m}$ 則 $ac \equiv bd \pmod{m}$

(3) 若 $a \equiv b \pmod{m}$ 則 $\forall n \in N$，$a^n \equiv b^n \pmod{m}$

證明：由模的意義即可證得。

由(1)，(2)，(3)可知同餘亦具加、減、乘、次方的運算功能，與相等關係頗為類似，今以此為工具進行定理3的證明。

證明：由定理2知 $u=(m^2-n^2)K$，$v=2mnK$，$w=(m^2+n^2)K$（u, v, w 為三邊長）

1° 因任何整數被3除的餘數有0，1，2三種

(i) 若 $m \equiv n \pmod{3}$ 則 $m^2 \equiv n^2 \pmod{3}$ 即 $3 \mid u$

(ii) 若 $m \equiv 0 \pmod{3}$ 或 $n \equiv 0 \pmod{3}$ 則 $3 \mid v$

(iii) ①若 $m \equiv 1 \pmod{3}$，$n \equiv 2 \pmod{3}$ 則 $m^2-n^2 \equiv 1^2-2^2 \equiv 0 \pmod{3}$ 即 $3 \mid u$

② $m \equiv 2 \pmod{3}$，$n \equiv 1 \pmod{3}$ 同理可證 $3 \mid u$

故知兩股中有一為3的倍數。

2° 仿1°欲證兩股中有一為4的倍數可分成

(i) $m \equiv n \pmod{4}$ 則 $4 \mid u$

(ii) $m \equiv 0 \pmod{4}$ 或 $n \equiv 0 \pmod{4}$ 則 $4 \mid v$

(iii) ① $m \equiv 1 \pmod{4}$ < $n \equiv 2 \pmod{4} \Rightarrow 4 \mid v$；$n \equiv 3 \pmod{4} \Rightarrow 4 \mid u$

② $m \equiv 2 \pmod 4 <$ $n \equiv 1 \pmod 4 \Rightarrow 4 \mid v$; $n \equiv 3 \pmod 4 \Rightarrow 4 \mid v$

③ $m \equiv 3 \pmod 4 <$ $n \equiv 1 \pmod 4 \Rightarrow 4 \mid u$; $n \equiv 2 \pmod 4 \Rightarrow 4 \mid v$

3° 另 u, v, w 中至少有一爲5的倍數就留給讀者試試看。

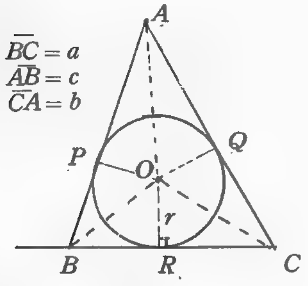
由1°, 2°, 3°可知 xyz 必爲 $[3, 4, 5] = 60$ 的倍數。

定理4：若一個直角三角形三邊長都是整數，則它的內切圓及傍切圓半徑都是整數。

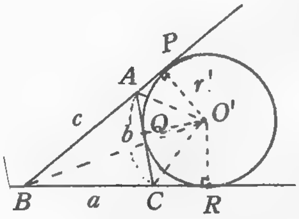
證明：1° （圖二）圓 O 爲 $\triangle ABC$ 的內切圓， r 爲半徑

則 $a\triangle ABC = a\triangle AOB + a\triangle AOC + a\triangle BOC$

$\therefore \quad a\triangle ABC = \dfrac{r}{2}(a+b+c)$ 得 $r = \dfrac{2a\triangle ABC}{a+b+c}$



圖二



圖三

2° （圖三）圓 O' 爲 $\triangle ABC$ 中 $\angle B$ 所對的傍切圓半徑爲 r'

則 $a\triangle ABC = a\triangle ABO' + a\triangle BCO' - a\triangle ACO' = \dfrac{r'}{2}(c+a-b)$

得 $r' = \dfrac{2a\triangle ABC}{c+a-b}$

同理可得 $\angle A$ 所對傍切圓的半徑爲 $\dfrac{2a\triangle ABC}{b+c-a}$

$\angle C$ 所對傍切圓的半徑爲 $\dfrac{2a\triangle ABC}{a+b-c}$

3° 若 $\triangle ABC$ 爲直角三角形且 $\angle C$ 爲直角，令 $a = (m^2-n^2)K$, $b = 2mnK$, $c = (m^2+n^2)K$ 其中 $(m, n) = 1$ 且 $m > n$, $K \in N$（利用定理2）

此時內切圓半徑 $r=\dfrac{2a\triangle ABC}{a+b+c}=\dfrac{ab}{a+b+c}$

$$=\frac{(m^2-n^2)K\cdot 2mnK}{K(m^2-n^2+2mn+m^2+n^2)}=(m-n)nK\in N$$

$\angle B$ 所對傍切圓半徑 $=\dfrac{2a\triangle ABC}{c+a-b}=\dfrac{(m^2-n^2)K\cdot 2mnK}{K(m^2+n^2+m^2-n^2-2mn)}$

$$=(m+n)nK\in N$$

$\angle A$ 所對傍切圓半徑 $=m(m-n)K\in N$

$\angle C$ 所對傍切圓半徑 $=m(m+n)K\in N$

三、應　用

若我們做個逆向思考：一直角三角形三邊長皆爲整數，且知道其內切圓半徑之值，則此種直角三角形會有幾種？其中三邊長兩兩互質的又有多少種？我們先從一個例子來了解：

例：內切圓半徑爲18時？

解：1° 先處理兩兩互質的情形即 $K=1$ 時：（ $r=(m-n)nK$ ）

由定理4知 $(m-n)n=18$，因 $m-n$ 爲奇數（m，n 一偶數一奇數）且 $(m,n)=1$。故 $(m-n,n)=1$，因此可得數對 $(m-n,n)=(1,18),(9,2)$ 兩組，即當 $r=18$ 時任兩邊互質的直角三角形有2種，其三邊長分別爲 (37,684,685),(117,44,125)。

2° 另外一般情形：$\because (m-n)nK=2\times 3^2$，利用乘法原理，2不能配給 $m-n$（$m-n$ 爲奇數），且 $(m-n,n)=1$ 故3不能同時配給 $m-n$ 與 n，故2有2種配法，配給 n 或 K。

3的配法如下：

	K	n	$m-n$
	3^0	3^2	
	3^1	3^1	
┌	3^2	3^0	
│	3^0		3^2
同一種 │	3^1		3^1
└	3^2		3^0

故配法有 $2\times 3-1=5$ 種

由乘法原理可知分解法共有 $2\times5=10$ 種，我們做實驗獲得證實，列表如下：

K	n	$m-n$	m	$K(m^2-n^2)$	$2Kmn$	$K(m^2+n^2)$
				三邊長		斜邊 ↓
1	2	9	11	117	44	125
1	18	1	19	37	684	685
2	1	9	10	198	40	202
2	9	1	10	38	360	362
3	2	3	5	63	60	87
3	6	1	7	39	252	255
6	3	1	4	42	144	150
6	1	3	4	90	48	102
9	2	1	3	45	108	117
18	1	1	2	54	72	90

上表中，三角形的內切圓半徑均爲 18 ，且不同的 (K, n, m) 產生不同的直角三角形。

將上表再回顧前述的定理，一一檢驗你會發現規律之美。

一般化：若 $r=2^a p_1^{a_1} p_2^{a_2}\cdots p_l^{a_l}$ 其中 $p_1, p_2\cdots, p_l$ 是相異的奇質數，則例中的答案又如何呢？（ $a\geqslant0$ ， $a_1, a_2\cdots a\in N$ ）

解：1° 先處理兩兩互質的情形：（ $K=1$ ）

$(m-n)n=2^a p_1^{a_1} p_2^{a_2}\cdots p_l^{a_l}$ （ $m-n$ 與 n 互質）

2 只能配給 n 只有 1 種方法（ $m-n$ 爲奇數）

p_1 只能集中配給 $m-n$ ，或 n 有 2 種配法

⋮ ⋮

p_l……………………………………有 2 種配法

故可知三邊長兩兩互質且內切圓半徑爲 r 的直角三角形共有 2^l 種。

2° 再處理一般的情形：

$(m-n)nK=2^a p_1^{a_1} p_2^{a_2}\cdots\cdots p_l^{a_l}$ （ $m-n$ 與 n 互質且 $m-n$ 爲奇數）

2 只能配給 n , K 有（ $a+1$ ）種配法。

p_1 不能同時配給 $m-n$ 與 n （因 $m-n$ 與 n 互質）

	K	n	$m-n$
	p_1^0	$p_1^{a_0}$	
	p_1^1	$p_1^{a_1-1}$	
	⋮		
	$p_1^{a_1}$	p_1^0	
	p_1^0		$p_1^{a_1}$
重複	⋮		⋮
	$p_1^{a_1}$		p_1^0

故 p_1 的配法有 $2(a_1+1)-1=2a_1+1$ 種

同理 p_2 的配法有 $2a_2+1$ 種…………

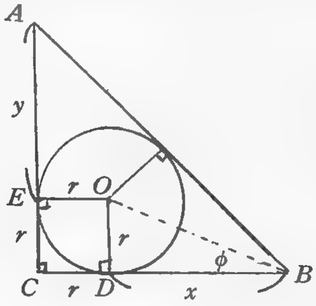
⋮

依乘法原理可知分解法共有

$(a+1)(2a_1+1)(2a_2+1)\cdots(2a_l+1)$

種。

故可知三邊長皆爲整數且內切圓半徑爲 r 的直角三角形共有 $(a+1)\prod_{i=1}^{l}(2a_i+1)$ 種。



圖四

另解：見圖四：D、E 爲切點，O 爲圓心

$\angle OBD=\phi$ 因 $\phi<\frac{\pi}{4}$ $\therefore x>r$ 同理 $y>r$

$\overline{AB}^2=\overline{AC}^2+\overline{BC}^2$

$(x+y)^2=(x+r)^2+(y+r)^2$

$\Rightarrow xy-rx-ry+r^2=2r^2$

$\Rightarrow (x-r)(y-r)=2r^2\ (x,y,r\in N)$

$\Rightarrow (x-r)(y-r)=2\cdot(2^a p_1^{a1}p_2^{a2}\cdots p_l^{al})^2=2^{2a+1}p_1^{2a1}\cdots p_l^{2al}=A$

從 A 的正因數個數得 (x,y) 有 $(2a+1+1)(2a_1+1)(2a_2+1)\cdots(2a_l+1)$ 組解

但因 x,y 互換不改變三角形的形狀，故直角三角形共有 $\frac{(2a+2)}{2}\prod_{i=1}^{l}(2a_i+1)$ 種 #

例題：三邊長爲整數的直角三角形的內切圓半徑爲 90，且三邊長任兩邊均不互質的直角三角形有幾種？

解： $90=2\times 3^2\times 5$

1° 三邊長兩兩互質的有 2^2 種

2° 全有 $(1+1)(2\times2+1)(2\times1+1)=2\times5\times3=30$ 種

由 1°, 2° 可知任兩邊均不互質的有 $30-4=26$ 種 #

附註：（常見三邊長爲整數的直角三角形，摘自數論淺談 p.134）

$(m, n) = 1$，而 $2 \leqslant m \leqslant 15$：

$y = 2mn$，$x = m^2 - n^2$，$z = m^2 + n^2$

m	n	y	x	z	m	n	y	x	z	m	n	y	x	z
2	1	4	3	5	9	8	144	17	145	13	12	312	25	313
3	2	12	5	13		4	72	65	97		10	260	69	269
4	3	24	7	25		2	36	77	85		8	208	105	233
	1	8	15	17	10	9	180	19	181		6	156	133	205
5	4	40	9	41		7	140	51	149		4	104	153	185
	2	20	21	29		3	60	91	109		2	52	165	173
6	5	60	11	61		1	20	99	101	14	13	364	27	365
	1	12	35	37	11	10	220	21	221		11	308	75	317
7	6	84	13	85		8	176	57	185		9	252	115	277
	4	56	33	65		6	132	85	157		5	140	171	221
	2	28	45	53		4	88	105	137		3	84	187	205
8	7	112	15	113		2	44	117	125		1	28	195	197
	5	80	39	89	12	11	264	23	265	15	14	420	29	421
	3	48	55	73		7	168	95	193		8	240	161	289
	1	16	63	65		5	120	119	169		4	120	209	241
						1	24	143	145		2	60	221	229

四、參考資料

1. 趙文敏：（ 1985.3 ），數論淺談。協進圖書公司。
2. 民國63年大學聯考自然組試題。
3. 高中基礎數學第四冊（ 1991 ），國立編譯館。

★

利用新電池來防止鐵的腐蝕

楊水平
國立彰化師範大學化學系

一、前　言

鐵生銹、銀失去光澤和銅生銅綠都屬於相似的金屬腐蝕，而橋樑、船舶和汽車等鐵製物品的腐蝕可能引起極大的損害而造成莫大的危險，這些腐蝕都是自發性的氧化還原反應。

無論是金屬腐蝕所形成的腐蝕電池和為防止其腐蝕所重建的新電池，還是常用的電池，大都可利用賈法尼電池（ galvanic cell ）〔有時亦稱伏打電池（voltaic cell)〕的觀點來詮釋它們之間的通性。

為方便詮釋其通性，本文就以最常見的鐵為例，並以其化學反應和圖示來說明鐵腐蝕電池的陰陽二極。以下首先簡介賈法尼電池，再詳述鐵的腐蝕及其防蝕之道，最後總結其通性。

二、賈法尼電池

電化學電池是電能與化學能互相轉換的裝置。若此裝置的化學反應屬於自發性的氧化還原反應，則產生的化學能會轉變成電能而提供給負載，這種電化學電池稱為賈法尼電池或伏打電池。它又可分為化學電池（ chemical cell ）和濃差電池（ concentration cell ），前者是藉化學變化而產生電壓的電池，但後者却是藉濃度差異而產生電壓的電池。

在實用上賈法尼電池可分為有用電池和無用電池，前者如日常生活中可方便利用的乾電池和水銀電池，後者如鐵的腐蝕，它們都具有兩個半反應所組成的電化學電池。

三、鐵的腐蝕

金屬腐蝕係由於金屬與外界環境接觸所造成金屬的氧化反應而導致惡化的現象。影響金屬腐蝕的因素很多，如溶氧量、氫離子濃度、氫過電壓、金屬的氧化電位、金屬的

成分和含量、金屬表面的均勻性、溫度和應力。

以學理來區分金屬腐蝕的類型，大致可分爲四種：㈠由濃度差異所引起的濃差腐蝕(concentration corrosion)或微分通氣腐蝕(differential aeration corrosion)；㈡由金屬偶的不同氧化電位所引起的賈法尼腐蝕(galvanic corrosion)或伏打腐蝕(voltaic corrosion)；㈢由溫度差異所引起的溫差腐蝕(temperature corrosion)和㈣由金屬的扭轉彎曲所引起的應力腐蝕(stress corrosion)。這些腐蝕的電化學過程均具兩個半反應所組成的無用電池，其中濃差腐蝕和賈法尼腐蝕所構成的電化學電池就如同賈法尼電池中的濃差電池和化學電池。

常見鐵的腐蝕大致可分爲如下三大類型：

㈠ 微分通氣腐蝕

1. 不同溶氧量的情況

鐵製物品在海邊容易腐蝕即屬於微分通氣腐蝕。在鐵表面的鹽水滴外圍與空氣接觸的機會較多，使得這區域的含氧量較高。相對地，在鹽水滴的中央部位與空氣接觸的機會則較少，使得這部位的含氧量較低。如此一來便造成在鹽水滴中不同區域的溶氧量有所差異，在富氧的外圍部位與在缺氧的中央部位分別構成腐蝕電池的陰極和陽極，如圖 1 所示。這種電池是短路的，以致造成腐蝕速率非常快速，此腐蝕電池的化學反應和其腐蝕電位，如(1)～(3)式所示。

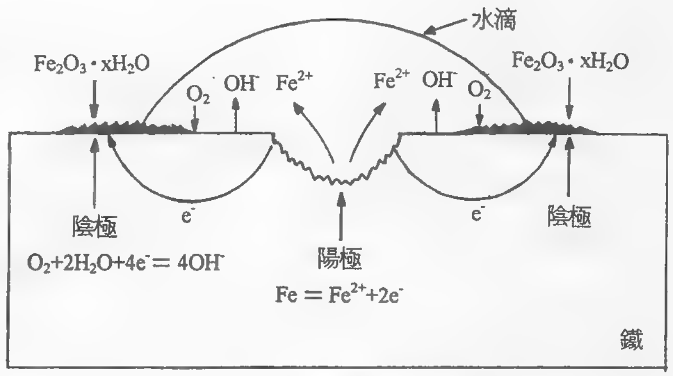


圖 1　鐵的微分通氣腐蝕

陽極（負極）：$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$　　$E^\circ_{ox} = +0.44\,V$　(1)

陰極（正極）：$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$　　$E^\circ_{red} = +0.40\,V$　(2)

全　反　應：$2Fe + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 2Fe(OH)_2$　　$E^\circ_{cell} = +0.84\,V$　(3)

全反應產生的綠色沉澱物 $Fe(OH)_2$ 可再進一步與氧氣發生反應產生紅棕色鐵銹 $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ ($x = 2 \sim 3$)。

2. 在非活化的情況

鐵製物品常會產生表面非活化(passivation)的微分通氣腐蝕，例如裂縫腐蝕(crevice corrosion)和造坑腐蝕(pitting corrosion)。很多金屬在富氧環境中

會產生非活化的氧化物保護層，以防止金屬表面的繼續腐蝕。不過如果金屬表面一旦發生裂縫，那麼在裂縫的內部會造成缺氧而無法形成非活化的保護層，使得在裂縫內部的區域構成腐蝕電池的陽極而被腐蝕；相對地，在非活化的區域構成陰極，如此一來便造成裂縫腐蝕，如圖 2 所示。此種腐蝕電池亦是短路的，因此一旦開始發生腐蝕，那麼裂縫加深的速率將非常快速。這種腐蝕電池的化學反應和其腐蝕電位，如(1)～(3)式所示。

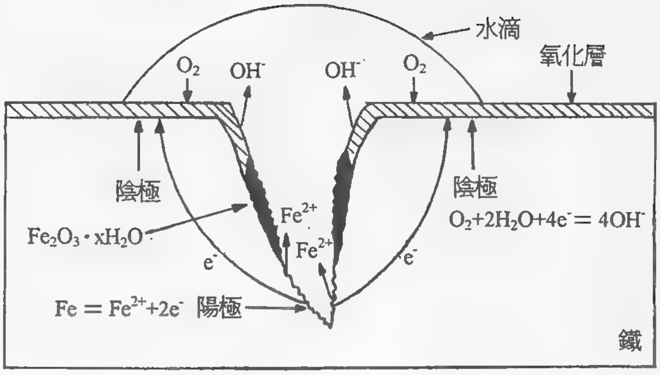


圖2　鐵的裂縫腐蝕

造坑腐蝕是由於金屬表面的油漆被刮掉所造成的腐蝕，在被刮掉油漆處所裸露的表面中央部位含氧濃度比在靠油漆處的周圍為高，導致中央部位產生非活化的氧化物保護層而構成腐蝕電池的陰極；相對地，在油漆周圍的金屬較缺氧而構成陽極而被腐蝕，如此一來便引起造坑腐蝕，如圖 3 所示。此種腐蝕亦是短路的，因此一旦開始發生腐蝕，那麼表面會加速剝皮進而造成坑洞。其腐蝕電池的化學反應和其腐蝕電位，如(1)～(3)式所示。

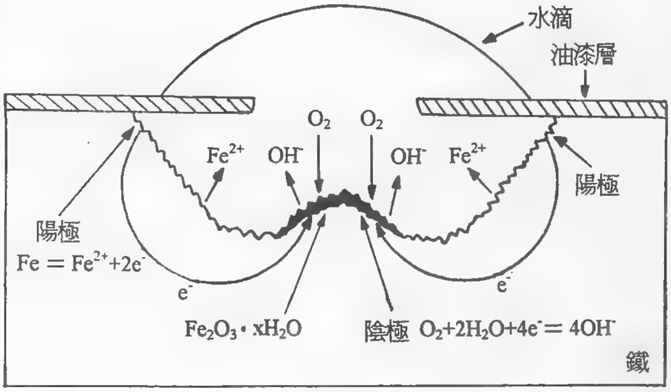


圖3　鐵的造坑腐蝕

㈡　在酸性中的腐蝕

1.　在酸雨中的情況

鐵的腐蝕並非一定在中性的環境中進行，酸性媒介中更易造成腐蝕。通常在化學工業區的附近，空氣中含有高濃度的 CO_2、NO_2 和 SO_2 等氣體，在下雨時此等氣體溶解在雨水中，導致氫離子濃度增加，使得腐蝕電池的陰極反應物不是 O_2 和 H_2O，而是 O_2 和 H_3O^+，如此一來便增高陰極的還原電位，進而增加鐵的腐蝕速率。這種腐蝕電池的

化學反應和其腐蝕電位，如(4)～(6)式所示。

陽極（負極）：$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$　　$E^\circ_{ox} = +0.44V$　(4)

陰極（正極）：$O_2 + 4H_3O^+ + 4e^- \rightleftharpoons 6H_2O$　　$E^\circ_{red} = +1.23V$　(5)

全　反　應：$2Fe + O_2 + 4H_3O^+ \rightleftharpoons Fe^{2+} + 6H_2O$　　$E^\circ_{cell} = +1.67V$　(6)

2. 在地平面下的情況

埋在地下龐大結構如鐵管等物品，在不同的土壤區域有不同的導電度的物質，如某區域土壤中有硫酸塩類而被細菌還原成硫化氫，在水中解離成H_3O^+和S^{2-}而造成高導電度的土壤。若不同導電度的土壤之間有很大的電阻且達到不可忽略的程度，則在較高導電度的土壤中的管線會構成腐蝕電池的陽極而被腐蝕，而構成陰極之處是在高導電度的土壤，並非如上述的微分通氣腐蝕在低導電度的土壤。這如同鐵直接插入硫酸銅或稀酸中腐蝕一樣，如圖4所示。這種腐蝕電池的化學反應和其腐蝕電位，如(7)～(9)式所示。

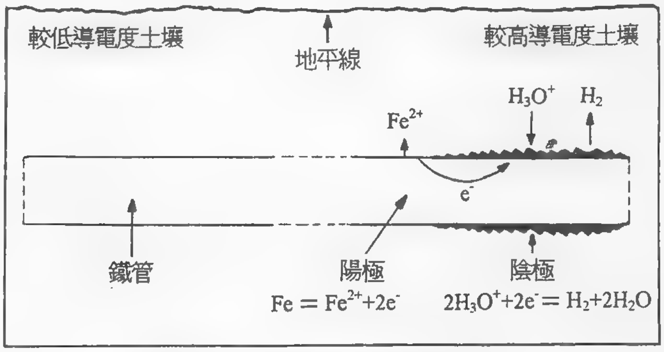


圖4　高內電阻的地下鐵管腐蝕

陽極（負極）：$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$　　$E^\circ_{ox} = +0.44V$　(7)

陰極（正極）：$2H_3O^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2 + 2H_2O$　　$E^\circ_{red} = 0$　(8)

全　反　應：$Fe + 2H_3O^+ \rightleftharpoons Fe^{2+} + H_2 + 2H_2O$　　$E^\circ_{cell} = +0.44V$　(9)

(三) 同相金屬偶的腐蝕

金屬腐蝕有時發生在中性溶液中的同相金屬偶，例如鍍銅鐵製門把的腐蝕。若鍍銅的部位被刮傷或被侵蝕，則鐵將被裸露在水滴中或塩水滴中，由於鐵的氧化電位比銅為高，因此鐵構成腐蝕電池的陽極而被腐蝕；相對

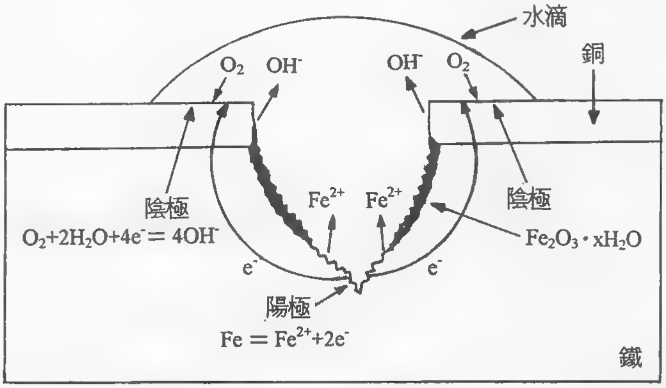


圖5　同相金屬偶的鐵腐蝕

地，銅則構成陰極。然而由於銅金屬和鈉離子的還原電位均比含氧的水為低，即銅金屬和鈉離子不易獲得電子而形成帶負電的銅離子和鈉金屬，因此在銅處的陰極還原反應為 $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$，如圖5所示。這種腐蝕電池的化學反應和其腐蝕電位，如(1)～(3)式所示。

四、利用新電池來防蝕

金屬腐蝕既然會產生腐蝕電位，那麼是否可透過降低或改變腐蝕電位的方法而達到防蝕的目的？答案當然是肯定的，而且有很多種方法。以下即是建立新電池的方法達到防蝕的妙招。

㈠　鍍鋅鐵皮的防蝕法

鍍鋅鐵皮的防蝕法係利用鋅的氧化電位比鐵為高的事實，在鋅層構成新電池的陽極而被腐蝕；相對地，鐵則構成陰極而受到保護。未被鍍鋅的鐵皮在腐蝕環境中本來是陽極，但是鍍鋅後陰陽二極便易位而重建新的腐蝕電池，如圖6所示。這個新的腐蝕電池之化學反應和其腐蝕電位，如⑽～⑿式所示。

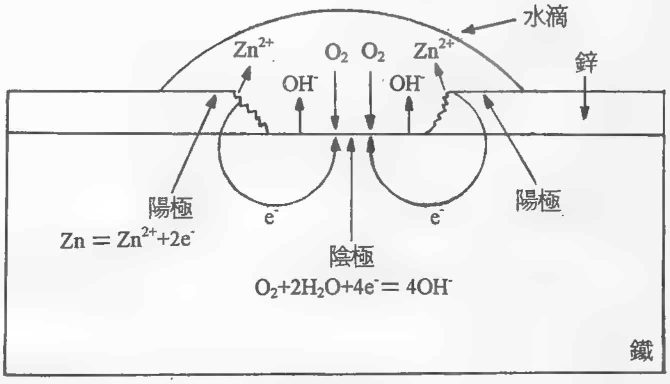


圖6　利用鋅防護鐵皮

陽極（負極）：$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$　　$E^\circ_{ox} = +0.76V$　⑽

陰極（正極）：$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$　　$E^\circ_{red} = +0.40V$　⑾

全　反　應：$2Zn + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 2Zn^{2+} + 4OH^-$　　$E^\circ_{cell} = +1.16V$　⑿

由(3)式與⑿式比較得知，全反應⑿的 E°_{cell}（$+1.16V$）大於全反應(3)的 E°_{cell}（$+0.84V$），清楚地顯示重建新的（腐蝕）電池是可以達到防蝕的目的。

㈡　馬口鐵的防蝕法

馬口鐵即是鍍錫鐵皮，通常由馬口鐵製成的鐵罐之防蝕法可分兩類。

1.　馬口鐵與無機酸接觸

若單純以錫的還原電位比鐵為高的觀點來看，則錫塗膜應構成腐蝕電池的陰極，而鐵應構成陽極而被腐蝕才是，此觀點就如同前述鍍銅鐵製門把的腐蝕一樣根本無法防蝕。然而事實上並非如此，馬口鐵的錫塗膜上平均每平方公厘約有25個孔隙。若罐頭內裝

滿含無機酸的物質，便造成缺氧的條件而可防蝕；再者，馬口鐵在無機酸的媒介中所放出的氫氣並非持續不斷，有些氫氣被吸附於錫塗膜上或其孔隙中，因此不會繼續腐蝕反而可防蝕，其原因是在密閉系統中氫氣不易放出而造成陰極的還原電位降低，而且引起氫過電壓（ hydrogen overvoltage ）高於 0.5 V，此現象不利於陰極的還原反應。此種不利腐蝕的化學反應和其電位如⒀～⒂式所示。

陽極（負極）：$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$　　$E^\circ_{ox} = +0.44\ V$　⒀

陰極（正極）：$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$　　$E^\circ_{red} < -0.5\ V$　⒁

全　反　應：$Fe + 2H^+ \rightleftharpoons Fe^{2+} + H_2$　　$E^\circ_{cell} < 0$　⒂

2. 馬口鐵與有機酸接觸

若罐頭內裝酸性水果，則水果內的有機酸會與錫形成穩定的錯離子，促使錫變成錫離子而加速進行，導致錫的氧化電位由原來的 +0.14 V 升高到比鐵的 +0.44 V 還要高，如此錫便構成新的腐蝕電池的陽極而被腐蝕；相對地，鐵反而構成陰極而受到保護。由於 $O_2 + H_2O$ 比 Fe 或 H^+ 更易得到電子，因此陰極的還原反應是含氧的水，如圖 7 所示。這個新的腐蝕電池的化學反應和腐蝕電位如⒃～⒅式所示。

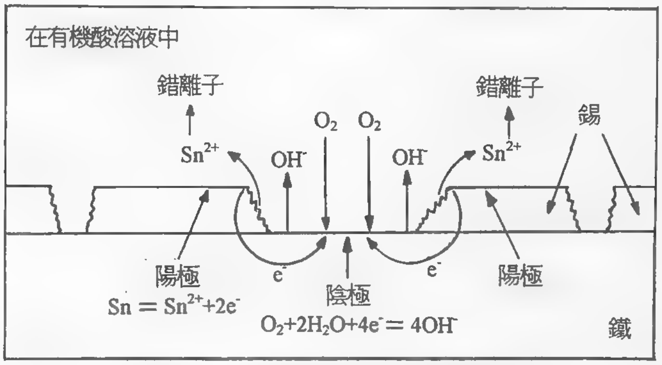


圖7　馬口鐵在有機酸中利用錫防護鐵

陽極（負極）：$Sn \rightleftharpoons Sn^{2+} + 2e^-$　　$E^\circ_{ox} > +0.44\ V$　⒃

陰極（正極）：$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$　　$E^\circ_{red} = +0.40\ V$　⒄

全　反　應：$2Sn + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons Sn^{2+} + 4OH^-$　　$E^\circ_{cell} > +0.84\ V$　⒅

由全反應⑶和⒅式比較得知，清楚地顯示重建新的腐蝕電池是可達到防蝕的目的。

㈢ 以鎂保護鐵的防蝕法

鐵船在海中或鐵管在地下會發生腐蝕。若利用氧化電位比鐵為高的金屬如鎂、鋁和鋅，再與導線與它們相互連接，則亦可達到防蝕的目的。此乃鎂等金屬在腐蝕環境中構成新的腐蝕電池的陽極而被腐蝕；相對地，鐵則構成陰極而受到保護。如圖 8 和圖 9 所示。這種新的腐蝕電池的化學反應和其腐蝕電位如⒆～㉓式所示。

陽極（負極）：$Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2e^-$　　$E^\circ_{ox} = 2.37\ V$　⒆

陰極（正極）：$O_2+2H_2O+4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$ $E^\circ_{red}=+0.40\,V$ (20)

全 反 應：$2Mg+O_2+2H_2O \rightleftharpoons Mg^{2+}+4OH^-$ $E^\circ_{cell}=+2.77\,V$ (21)

或陰極(正極)： $2H_2O+2e^- \rightleftharpoons H_2+OH^-$ $E^\circ_{red}=-0.83\,V$ (22)

或全反應：$Mg+2H_2O \rightleftharpoons Mg^{2+}+H_2+2OH^-$ $E^\circ_{cell}=+1.54\,V$ (23)

由全反應(3)和(21)、(23)式比較得知，清楚地顯示重建新的腐蝕電池可達到防蝕的目的。

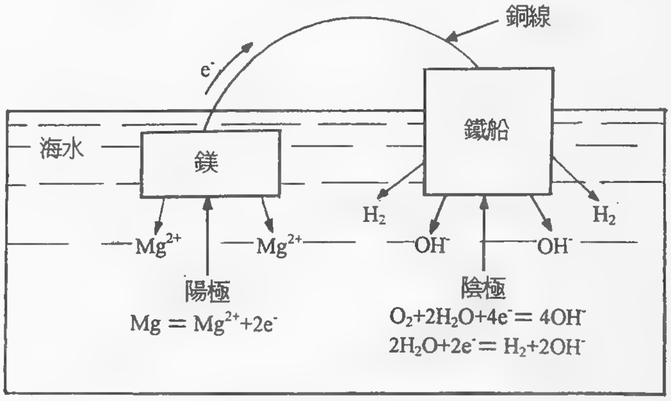


圖8 在海水中利用鎂防護鐵船

五、結 語

雖然鐵的腐蝕類型多樣複雜而且其防蝕方法也不一而足，但是可綜合性地以電池的觀點來詮釋其通性。吾人可視鐵的腐蝕爲無用的電池，只是未能將其所產生的化學能轉變成電能善加利用罷了。吾人亦可重建新的電池來防止鐵的腐蝕。

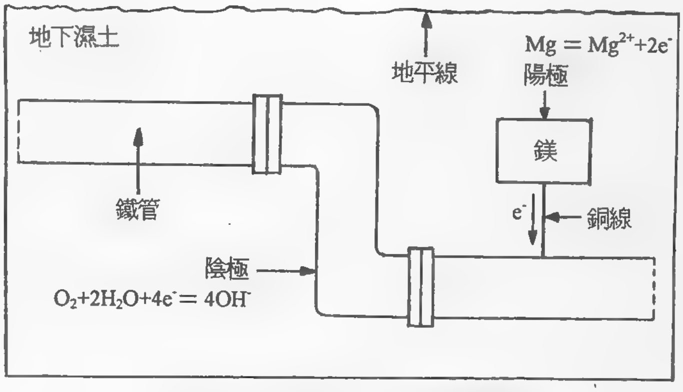


圖9 在地下濕土中利用鎂防護鐵管

無論是鐵腐蝕的無用電池或是防蝕所重建新的電池，其陽極的化學反應均是金屬腐蝕的氧化反應，而陰極則是提供腐蝕環境的物質而產生的還原反應，這些物質如O_2和H_2O，O_2和H_3O^+，或只有H_3O^+。

如乾電池之類的有用電池，以不同角度視之，可視爲不同類型的金屬腐蝕，只是設計成可善加利用的電池而已，因此金屬腐蝕與有用電池實爲一體的兩面。如何化腐朽爲神奇，將自發性的金屬腐蝕所產生的化學能有效地轉換成電能而善加利用，值得吾人深思。

（下轉第73頁）

冬之閃亮－獵戶星座

張亞君　劉美倫　謝文萍
國立臺灣師範大學地球科學系

獵戶星座是整個天空中88個星座之王，它主要出現在冬季的星空中，雄偉壯麗十分搶眼。它最明顯的特徵，就是它那腰帶上明亮的三顆星及肩上的參宿四和脚上的參宿七。

參宿四本身會膨脹或收縮而產生亮度變化。膨脹時可達太陽的一千倍，收縮時也有太陽的七百倍大，所以它是一顆紅色的巨星，天文學家相信不久之後，會經由爆炸而結束它的一生。除了紅色的參宿四外，獵戶星座中的其它星星大都是青白色的，多屬O、B型的高溫恆星，所以獵戶星座的成員可算是一個十分年輕的星團。

獵戶星座中有許多不能以肉眼分辨的雙星，但若以小口徑望遠鏡來看，便可發覺其中的β星、δ星、λ星及σ星等都不只是單一的恆星而已。

獵戶星座中還有許多著名的星雲，是一般人最喜愛觀賞的天體，也深具觀測價值，如圖一所示的M78（位於α與ζ的連線上）M42和M43（位於獵戶腰部的配劍上），以及位於ζ與σ間的馬頭星雲與巴納德環。

獵戶座大星雲：（鳥狀星雲）

獵戶座大星雲（M42、M43）是個用肉眼就能依稀辨別的星雲，但如果用雙筒或小望遠鏡看時，飛鳥展翅的樣子更是清楚漂亮。它距離我們約有1500 光年，因此由它在天上的視面積（約1度）反推它的實際大小，那就應該有26 × 30 光年大了。這是你坐飛機，n 個輩子也飛不完的長度，難怪它會被稱做大星雲。

這是一團由星際塵埃和氣體（大部分是氫氣）所構成的紅色發射星雲。造成紅光的原因是氫氣吸收附近高溫恆星所發出的紫外線被激發後，電子再返回基態時產生的現象，而氫氣之所以會被激發，乃是星雲中有高溫的O、B型星，能放出強烈的紫外線之故。這些O、B型星和星雲中其它的星體，都是初生不久的星星，它們成群的集聚於此，似乎告 訴我們：星雲是它們的故鄉，是星雲孕育了它們。理論與其他觀測也顯示獵戶座大星雲是恆星誕生的場所，天文學家們也在其它的發射星雲裏，偵測到初生星群的存在。

現在M42與M43中仍有星雲在持續收縮，如果那些星雲持續收縮到可以自行發光的程度，將會再誕生初生恆星，增添獵戶座大星雲的生氣與風姿。

馬頭星雲

馬頭星雲是一個位於獵戶座ζ星與σ星之間的黑暗星雲，距離地球1600光年，本身寬約1.8光年。

所謂的黑暗星雲是指星際間聚集的灰塵雲層。其中包含氣體和塵埃，但因沒有足夠高溫的星星在其中，而無法游離氣體成爲明亮的星雲。再則黑暗星雲的存在亦會阻擋後方的星光，而使觀察者所見只有一片漆黑。

黑暗星雲本該肉眼難見，但因馬頭星雲的背景恰爲發射星雲 IC 434 ，所以透過大望遠鏡在明亮的星雲背景襯托下仍然清晰可見。

巴納德環

在獵戶座腰間三星的東半邊，有一個半圓形的瀰漫星雲，是1895年經由Barnard的攝影而發現的，所以稱爲巴納德環。

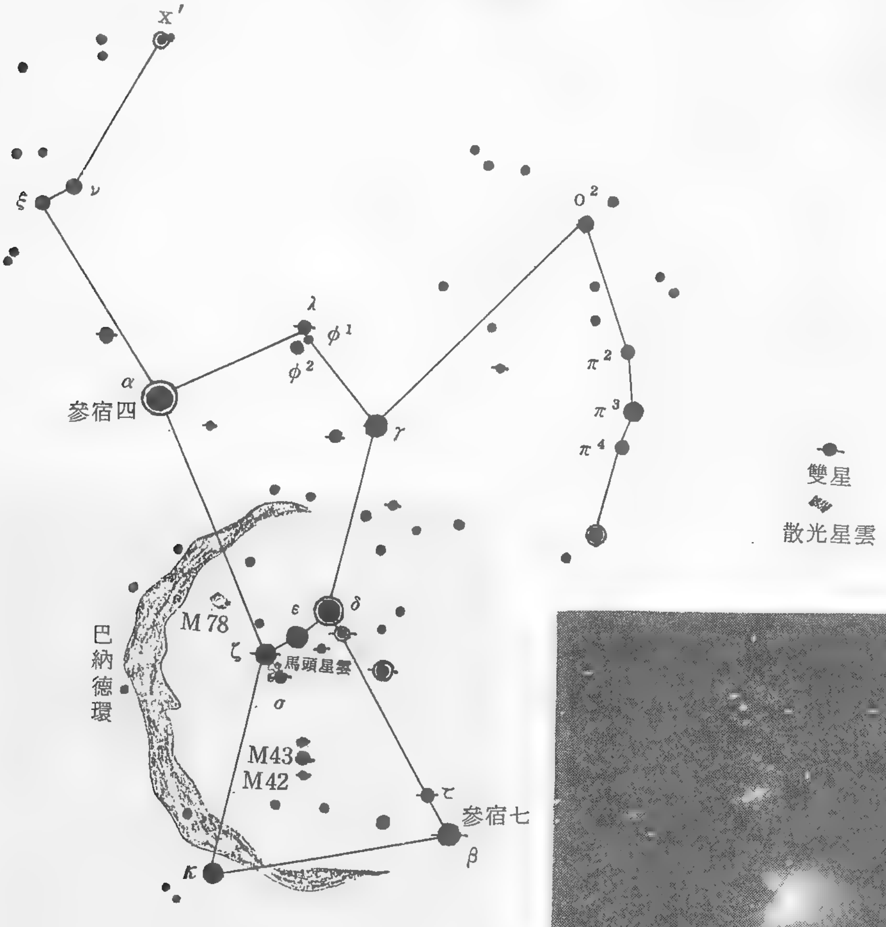
有人推測，它的存在是因星際間的氣體及灰塵，接受到獵戶座星雲中強大的輻射壓，因而在馬頭星雲及獵戶座大星雲附近形成一會發亮的弧形星雲。但也有人認爲，它的存在是因約在250萬年前，由一顆超新星爆炸，其氣體物質向四周擴散而形成，直到現在爲止仍然在擴散之中。

光用肉眼，是看不見它的，早期可使用柯達天文專用軟片103 aE，加上紅色濾光片，曝光30分至一小時攝得，現在可用感光度1600的軟片曝光15分鐘，便可在照片中見到那令人難忘的巴納德環。

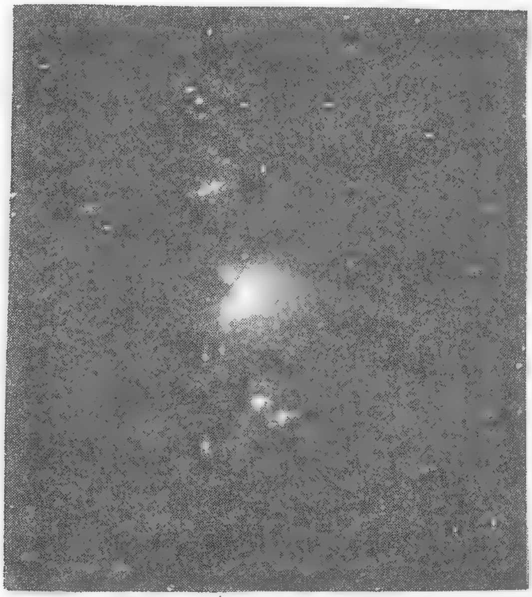
參考文獻

1. 牛頓編譯中心譯　天文觀測手册　二版　台北市　牛頓出版社　p.166-167　1986年9月1日
2. 光復書局編輯部編　光復科技百科全書5　初版　台北市　光復書局　p.228-229　1980年元月
3. 洪家輝譯　Newton 現代科技大百科　宇宙科學(Ⅱ)—大宇宙　初版　台北市　牛頓出版社　p.38-39、p.66-67　1989年8月15日

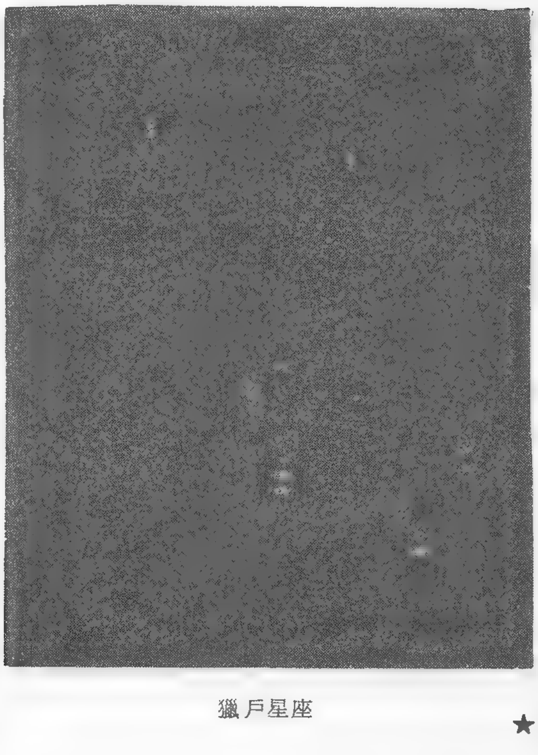
4. Michael A. Seeds Astronomy 三版 California Wadsworth Publishing Company p.227-228、p.246-249 1992年
5. David Malin and Paul Murdin Colours of the stars 初版 英國 Cambridge University Press 1984年
6. Editors of Time-Life Books The new astronomy 初版 美國 Time-Life book p.4-7 1989年



圖一



獵戶星座鳥狀大星雲



獵戶星座

★

數學科疑難問題討論

王建都
國立臺灣師範大學數學系

問：高級中學基礎數學第四冊 P. 55 ，習題 2-2 第 9 題之(2)，5 張牌成爲兩對（ Two pairs ）的情形（我的算法）有：

$(C_1^{13}\times C_2^4)\times(C_1^{12}\times C_2^4)\times(C_1^{11}\times C_1^4)$

$=(13\times 6)\times(12\times 6)\times(11\times 4)$

$=247104$

$\therefore\quad P(\text{Two pairs})=\dfrac{247104}{2598960}$ 或 $\dfrac{396}{4165}$

與 P. 175 習題解答的

$\dfrac{123552}{2598960}$ 或 $\dfrac{198}{4165}$ 差一個 factor of 2 ，不曉得是哪裡出錯了，請指教。

答：您的算法中 $(C_1^{13}\times C_2^4)\times(C_1^{12}\times C_2^4)\times(C_1^{11}\times C_1^4)=247104$

其中取的兩對是有次序的，而題目要求的兩對是沒有次序的，所以，正確的算法應該是： $(C_1^{13}\times C_2^4)\times(C_1^{12}\times C_2^4)\times(C_1^{11}\times C_1^4)\times\dfrac{1}{2!}=123552$

$\therefore\quad P(\text{Two pairs})=\dfrac{123552}{2598960}=\dfrac{198}{4165}$

下面說明爲什麼 $(C_1^{13}\times C_2^4)\times(C_1^{12}\times C_2^4)$ 式中取的兩對是有次序的，例如：

$C_1^{13}\times C_2^4$	$C_1^{12}\times C_2^4$	$C_1^{11}\times C_1^4$ 包含
A 黑桃，紅磚	10 黑桃，紅桃	5 紅磚
10 黑桃，紅桃	A 黑桃，紅磚	5 紅磚

上述兩種情形在您的算法算兩種，而題目中是要將上述兩種視爲相同的方法。即您算法中所有像上面的每兩種方法都只能視爲一種方法。

以上的說明，如還有疑問，請再來信。 ★

歡迎高級中學學生參加國家代表隊選拔

第 28 屆　國際化學奧林匹亞競賽

日　期

1996 年

7 月 14~23 日

地　點

俄 羅 斯

莫 斯 科

競賽主題：化學

國家代表團：

領隊：譯員兼裁判 2 ~ 3 名

選手：正取 4 名，候補 2 名

資格：年齡在民國 85 年 7 月 14 日未滿二十歲的高級中學在（ 資優學生或推荐甄選入學 ）取得大學入學資格

競賽方式：（ 見科教月刊民國 84 年 9,10 月份第 182,183 期或台灣教育月刊 84 年 10 月份 ）

1.化學筆試（ 推荐或自由報名，篩選 15 人 ）高中化學 2~ 3 小時。

2.奧林匹亞選拔營（ 共 25 人，正取 4 人，備取 2 人）。

實驗：40 %（ 1~ 2 大題 ） 4 ~ 5 小時

理論：60 %（ 6~10 大題 ） 4 ~ 5 小時

範圍：普通化學、分析化學、有機化學、無機化學、物理化學、生物化學及應用化學。

獎　勵：

金牌（10 %±2 %）、銀牌（20 %±2 %），銅牌（30 %±2 %），「佳作」大會獎。

報名方式：由各高中及大學高中生資優班推薦（ 見右側選拔流程表 ）。

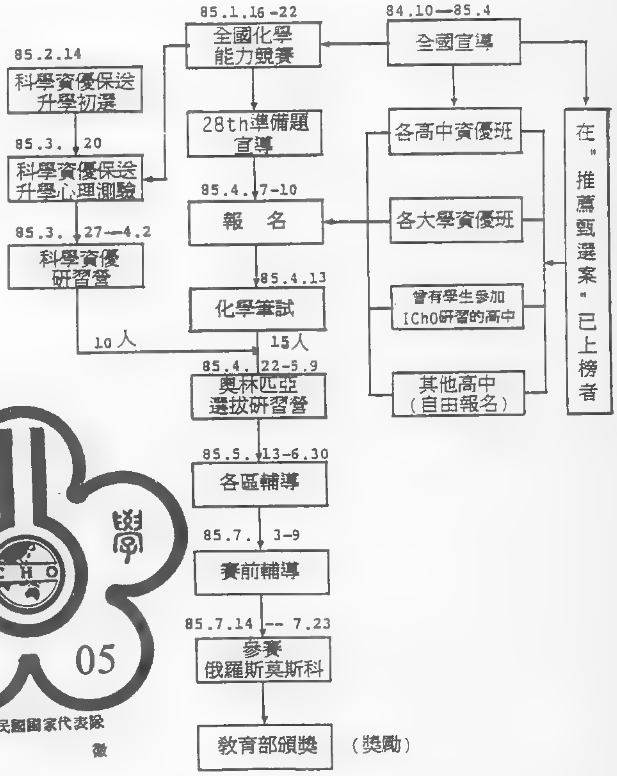
報名日期：

1.化學筆試
民國 85 年 4 月 7 日報名截止
(收到郵件或傳眞)。

2.奧林匹亞選拔營 25 人，由籌備處於 4 月 20 日以前通知。

報名處(通訊報名)：
台北市汀州路四段 88 號
國立台灣師範大學化學系
聯絡人：蘇展政主任、方泰山教授、周美娟助理
聯絡電話：(02)933-1186、(02)932-4844（蘇主任）
(02)935-0749 轉 423（方教授）
傳眞：(02)932-4249
電子郵件：chetsf@scc.ntnu.edu.tw

第 28 屆 IChO 中華民國國家代表隊選拔流程



中華民國國家代表隊
隊徽

指導：教育部化學奧林匹亞指導委員會

主辦：教育部中教司

工作小組：中國化學會教育委員會
國立台灣師範大學化學系

歡 迎 參 加

歷屆 IChO　捷報

第 24 屆　一金一銀一銅

第 25 屆　二金二銀

第 26 屆　三銀一銅

第 27 屆　三銀一銅

中華民國參加第二十八屆國際化學奧林匹亞競賽
(1996 IChO)選拔訓練營初選報名表

姓名：	出生：　　年　月　日
現在就讀學校：	導師簽名：
『推薦甄選入學』獲得錄取的校系： 大學(學院)　　　　學系	
電話：(家)　　　　　　(學校)	
通訊地址：	
筆試地點：□台北　　□台中　　□高雄 (任選一地)	

------------------請沿虛線撕開------------------

1.報名資格：民國 65 年 7 月 14 日以後出生(20 歲以下)，並已知獲得『推薦甄選入學』錄取的高中三年級學生。(請學校導師簽名推薦)

2.初選：化學科筆試

(a).考試時間：2 小時

(b).考試日期：民國 84 年 4 月 13 日(星期六)上午 10 時

(c).考試地點：臺北、臺中、高雄(任選一地)

臺北：台灣師範大學化學系（臺北市汀州路 4 段 88 號）

臺中：中興大學化學系（臺中市國光路 250 號）

高雄：高雄師範大學化學系（高雄市和平一路 116 號）

(d).試場規則：同大學聯招規定（必須帶學生證）

(e).外地學生宜提前半小時到達試場，以利適應環境。

(f).報到時間：4 月 13 日上午 9:50 以前

3.報名方式：請於 4 月 08 日前(郵戳爲憑)將報名表掛號郵寄至臺北市汀州路 4 段 88 號或傳眞(02)932-4249 臺灣師範大學化學系 方泰山教授收 (請注意：報名受理後不另行通知，請考生於 4 月 13 日當天逕至自選考試地點報到)

4.錄取：預定錄取 15 名，參加 4 月 22 日起兩星期在臺灣師範大學化學系舉辦之 28 屆 IChO 選訓營。本屆 IChO 於 7 月 14 日至 7 月 23 日在<u>俄羅斯莫斯科</u>舉行，會後另有約 10 天外埠參觀活動。

5.本表若有需要請自行影印使用。

教育部八十四學年度高級中學數學能力競賽決賽簡訊

國立臺灣師範大學數學系

『教育部八十四學年度高級中學數學能力競賽決賽』於八十四年十二月二十九日至八十五年元月一日在國立臺灣師範大學理學院舉行，由臺灣師大數學系承辦。並於新年元旦，由臺灣師大校長呂溪木主持頒獎典禮，教育部中教司卓司長以及吳科長代表教育部鼓勵參賽學生及指導老師。另外評審教授、高中指導老師、學生家長共百餘人參加此典禮，典禮簡單隆重。本次決賽共五十一位學生參加，計有建國中學林冠明同學等十二名同學進入前三名，獲頒獎狀及獎學金，並獲推薦參加亞太數學奧林匹亞研習營，進而有機會取得國手的資格，代表參加國際數學奧林匹亞競賽，爲國爭光。

獲獎前三名學生就讀學校及指導老師名單如下：

名次	姓名	就讀學校	年級	指導老師	備註
第一名	林冠明	建國中學	三	徐正梅	獎金二萬元
第二名	朱家杰	新竹實中	三	葉東進	獎金一萬五千元
	彭彥碩	武陵高中	二	許桂淋	獎金一萬五千元
	吳明勳	嘉義高中	三	丘欣榮	獎金一萬五千元
	陳佑駿	武陵高中	三	盧澄振	獎金一萬五千元
第三名	何遠	高雄中學	三	蘇源森	獎金一萬二千元
	方裕元	建國中學	三	李瑞	獎金一萬二千元
	魏駿	師大附中	三	羅日文	獎金一萬二千元
	王中傑	建國中學	三	朱再發	獎金一萬二千元
	鄭安	花蓮高中	三	黃正義	獎金一萬二千元
	游承翰	宜蘭高中	三	李後鈴	獎金一萬二千元
	吳柏樟	台南一中	二	黃重嘉	獎金一萬二千元

★

教育部科學教育指導委員會
八十四學年度指導委員及諮詢委員名錄

編輯室

一、指導委員：

吳大猷	主任委員
石延平	國立海洋大學校長兼指導委員
吳　京	國立成功大學校長兼指導委員
呂溪木	國立臺灣師範大學校長兼指導委員
沈君山	國立清華大學校長兼指導委員
許翼雲	行政院原子能委員會主任委員兼指導委員
郭南宏	行政院國家科學委員會主任委員兼指導委員
陳維昭	國立臺灣大學校長兼指導委員
趙金祁	國立臺灣師範大學教授兼指導委員
劉兆漢	國立中央大學校長兼指導委員
鄧啓福	國立交通大學校長兼指導委員
羅銅壁	大學入學考試中心主任兼指導委員

二、執行秘書：

陳昭地	國立臺灣師範大學科學教育中心主任兼執行秘書

三、諮詢委員：

㈠ 數學組：

于　靖	中央研究院數學研究所研究員
林哲雄	國立清華大學數學系教授
林福來	國立臺灣師範大學數學系教授
柳　賢	國立高雄師範大學教務長
曹亮吉	國立臺灣大學數學系教授
陳昭地	國立臺灣師範大學理學院院長
陳冒海	國立臺灣師範大學數學系主任
楊維哲	國立臺灣大學數學系教授
趙文敏	國立臺灣師範大學數學系教授
賴東昇	國立臺灣大學數學系教授
顏啓麟	國立臺灣師範大學數學系教授

㈡ 物理組：

朱國瑞	國立清華大學物理系主任
余健治	國立臺灣師範大學物理系主任
李羅權	國立成功大學理學院院長
林明瑞	國立臺灣師範大學物理系教授
張秋男	國立臺灣師範大學物理系教授

郭重吉　　行政院國家科學委員會科學教育發展處處長
郭義雄　　國立交通大學物理系教授
郭鴻銘　　國立臺灣師範大學物理系教授
褚德三　　國立交通大學理學院院長
蔡尙芳　　國立臺灣大學物理系主任
閻愛德　　國立清華大學物理系教授

㈢ 化學組：

方泰山　　國立臺灣師範大學化學系教授
王澄霞　　國立臺灣師範大學化學系教授
牟中原　　國立臺灣大學化學系教授
沙晉康　　國立清華大學化學系主任
彭旭明　　國立臺灣大學化學系教授
楊寶旺　　國立臺灣大學化學系教授
廖俊臣　　國立清華大學理學院院長
劉廣定　　國立臺灣大學化學系教授
魏明通　　國立臺灣師範大學化學系教授
蘇仲卿　　國立臺灣大學農化系教授
蘇展政　　國立臺灣師範大學化學系主任

㈣ 生物組：

吳京一　　國立臺灣師範大學生物系教授
吳金洌　　中央研究院動物研究所所長
周延鑫　　中央研究院動物研究所研究員
周昌弘　　中央研究院植物研究所所長
林金盾　　國立臺灣師範大學生物系主任
林曜松　　國立臺灣大學動物系主任
施　河　　國立臺灣師範大學生物系教授
黃啓穎　　國立臺灣大學植物系教授
楊冠政　　國立臺灣師範大學環境教育研究所教授
楊榮祥　　國立臺灣師範大學生物系教授
蔡嘉寅　　國立臺灣大學植物系主任

㈤ 地球天文組：

王執明　　國立臺灣大學地質系教授
王乾盈　　國立中央大學地球物理研究所所長
阮國全　　臺北市立天文臺臺長
李春生　　國立臺灣師範大學地球科學系教授
宋國城　　國立成功大學地球科學系主任
陳汝勤　　國立臺灣大學海洋研究所教授
陳泰然　　國立臺灣大學大氣科學系教授
葉永田　　國立中正大學理學院院長
鄒治華　　國立臺灣師範大學地球科學系主任
蔡文祥　　國立中央大學天文研究所教授
羅煥記　　國立臺灣大學地質系主任

㈥ 工程組：

李大偉　　國立臺灣師範大學藝術學院院長
李隆盛　　國立臺灣師範大學工業科技教育學系主任

吳重雨　國立交通大學電子工程學系教授
康自立　國立彰化師範大學工業教育學系教授
陳文村　教育部顧問室主任
馮丹白　國立臺灣師範大學工業教育學系教授
張進福　國立臺灣大學電機系教授
黃廣志　國立高雄工業專科學校校長
葉勝年　國立臺灣工業技術學院教務長
劉遠中　國立清華大學物理系教授（同步輻射國家實驗室主任）
饒達欽　國立臺灣師範大學技術職業教育研究中心主任

(七) 資訊組：

李忠謀　國立臺灣師範大學電子計算機中心主任
何榮桂　國立臺灣師範大學資訊教育系教授
林一鵬　國立臺灣大學資訊系主任
林順喜　國立臺灣師範大學資訊教育系主任
周誠寬　中華民國資訊策進會首席顧問
施仁忠　國立交通大學資訊科學系教授
孫永年　國立成功大學資訊工程研究所教授
張真誠　國立中正大學資訊工程研究所教授
莊志洋　國立臺灣大學資訊工程系教授
黃興燦　國立清華大學資訊科學系主任
曾憲雄　教育部電算中心主任

★

（上承第62頁）

六、參考資料

1. Derek Pletcher, Industry Electrochemistry, London, Chapman and Hall, pp. 217～237, 1982.
2. Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Volume 6, New York, John Wiely and Sons, Inc., pp. 113～126, 1986.
3. Philip H. Rieger, Electrochemistry, Second Edition, New York, Chapman and Hall, pp. 412～422, 1994.
4. P.W. Atkins, Physical Chemistry, Fifth Edition, London, Oxford University Press, pp. 1026～1028, 1994.
5. Theodore L. Brown, H. Eugene LeMay, Jr., and Bruce E. Bursten, Chemistry—The Central Science, Sixth Edition, London, Prentice-Hall, Inc., pp. 755～758, 1994.

★

統 一 編 號
006388850015

Science Education Monthly

No.187, February, 1996

CONTENTS

Article

National reconstruction by means of science versus rejuvenation of country throught science education.....................Chin-Chi Chao 2

Teaching Method

A cooperative learning model on "Digestion" for gifted students of junior high schools..Kuo-Yen Sun 11

Evaluation

Problems with solutions of 1996 national mathematics competition of senior high schools..
.............Department of Mathematics, National Taiwan Normal University 17

Introduction to Special Topic

An introduction to earth systems education in U.S.A. ....
...........................Chun-Sun Lee, Chia-Hsiang Chow and I-Bin Wan 28

Computor and Instruction

An introduction of virtual reality for the application in science education
....Wern-Huar Tarng 43

Science Classroom

Some properties of a right triangle with integer sides....Kuen-Yih Chiou 48

Applications of new cells to inhibit the corrosion of iron................
....Shui-Ping Yang 56

Shine in the winter - Orion....Rossetti Chang, Dabby Lau and Dorothy Shieh 63

Correspondence

A question in Mathematics....................................Chien-Tu Wang 67

Announcements

Published by Science Education Center
National Taiwan Normal University
Taipei, Taiwan, Republic of China